প্রথম প্রকাশ :
কার্তিক, ১৩৮৪
[নভেম্বর ১৯৭৭]

বাএ/৮৯৩
পাণ্ডুলিপি : পাঠ্যপুস্তক বিভাগ,
বাংলা একাডেমী, ঢাকা

প্রকাশক :
ফজলে রাব্বি
পরিচালক
প্রকাশন মুদ্রণ-বিক্রয় বিভাগ
বাংলা একাডেমী, ঢাকা

মুদ্রণে :
মোঃ খলিলুর রহমান খান
গণ মুদ্রায়ন
৫৯/৩, ইসলামপুর রোড
ঢাকা

মূল্য : পঁচিশ টাকা মাত্র।

JYOTISHKA BIJNAN (Astronomy) : Written by Dr. Ramjan Ali Sarder. Published by Bangla Academy, Dacca, Bangladesh, 1977. Price . Taka 25·00 only.

ভূমিকা

এই পুস্তকখানি বাংলাদেশের বিশ্ববিদ্যালযসমূহেব স্নাতক শ্রেণীব গণিত পাঠ্য Astronomy-এব পাঠ্য-তালিকানুযাযী লেখা হইযাছে। পুস্তকখানিতে ব্যবহৃত পবিভাষা বাংলা একাডেমী কর্তৃক প্রকাশিত পবিভাষা কোষেব অন্তর্ভুক্ত। যে-সব ক্ষেত্রে পরিভাষা পাওযা যায নাই সেইসব ক্ষেত্রে শব্দ ব্যবহাবে কিছুটা স্বাধীনতা গ্রহণ করা হইযাছে। প্রত্যেক প্যাবিভাষিক শব্দেব সহিত সংশ্লিষ্ট ইংবেজী শব্দ লেখা হইযাছে। পুস্তকখানি প্রণয়নেব সময সকল প্রকার Standard পুস্তকেব সাহায্য লইযাছি ।

বাংলা একাডেমী বহু বাধা-বিপত্তিব মধ্য দিযা পুস্তকখানি প্রকাশ কবিতে পাবিযাছেন বলিযা আমি ব্যক্তিগতভাবে একাডেমী কর্তৃপক্ষের নিকট কৃতজ্ঞতা জানাইতেছি। পুস্তকখানি ছাত্র ছাত্রীদের উপকাবে আসিবে ইহাই আমার কামনা।

বিনীত—

গ্রন্থকার

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায়

অবতরণিকা

অতীতকালে মানুষের চিন্তাধারায় পৃথিবী (Earth) একটি অতিকায় স্থির (immobile) জড়পিণ্ড বলিয়া পরিগণিত হইত। তাহার দৃষ্টিতে, পৃথিবী বিশ্বব্রহ্মাণ্ডের কেন্দ্রে অবস্থিত এবং পৃথিবীকে কেন্দ্র করিয়া যাবতীয় জ্যোতিষ্ক (stars) নির্দিষ্ট পথে চলাফেরা করে। আকাশ একটি অতিকায় গোলকের মত পৃথিবীকে আবেষ্টন করিয়া আছে। স্বাভাবিক কারণেই মানুষের অতীত অভিজ্ঞতা আকাশকে একটা মহাশূন্য (empty space) বলিয়া মানিয়া লইতে পারে নাই। পৃথিবী যে সৃষ্টির বিশালতার তুলনায় একটি বিন্দুবিশেষ এ-ধারণা কখনই অতীতে স্পষ্ট হয় নাই।

১ জ্যোতিষ-বিজ্ঞানের চিন্তাধারায় অগ্রগতি

অতীতকাল হইতেই চিন্তাশীল ব্যক্তিরা আকাশে জ্যোতিষ্কমণ্ডলীর অবস্থান (position) এবং চলার পথ বা পরিক্রমণ-পথ (paths of motion) মনোযোগের সহিত লক্ষ্য করিয়া আসিতেছিলেন এবং তাঁহাদের পর্যবেক্ষণ-ফলের পিছনে সম্ভাব্য নানা নিয়মের অনুসন্ধান করিয়া আসিতেছিলেন। সকল পর্যবেক্ষকেরই স্থির বিশ্বাস ছিল যে আকাশের গ্রহ, উপগ্রহ, নক্ষত্র ইত্যাদির চলাচলের পিছনে নিশ্চয়ই কোন শৃঙ্খলা বা নিয়মের রাজত্ব বিরাজ করিতেছে। কিন্তু বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখা—গণিত, পদার্থবিদ্যা প্রভৃতির উন্নতি না হওয়া পর্যন্ত এই শৃঙ্খলার সম্যক জ্ঞান পাওয়া সম্ভব হয় নাই।

ক্রমেই বৈজ্ঞানিকেরা বুঝিতে পারিলেন যে, সূর্য (Sun) একটি অতিকায় জলন্ত গ্যাসপিণ্ডের গোলকবিশেষ এবং এই গোলকের ব্যাস (diameter) পৃথিবীর ব্যাসের শতগুণ অপেক্ষা বৃহত্তর। তাঁহারা আরও বুঝিতে পারিলেন যে, পৃথিবী অন্যান্য গ্রহের ন্যায় একটি শক্ত, ঠাণ্ডা জড়পিণ্ড বিশেষ। ইহা ছাড়া সৌরজগতের (solar system) ক্ষুদ্র বৃহৎ

অনেক গ্রহ আছে যাহারা সূর্যের চারিদিকে নির্দিষ্ট পথে অহরহ ঘুরিতেছে। আবার কতকগুলি জ্যোতিষ্ক (যেমন ধূমকেতু—comet) সূর্যের চারিদিকে খুব সরু পথে (elongated path) ঘুরিতেছে। তাহাদের পরিক্রমণ-পথ এবং সময়ও নির্দিষ্ট। সূর্য এবং গ্রহ (planets), উপগ্রহ (satellites), ধূমকেতু (comet) মিলিয়া সূর্যের জগৎ বা সৌরজগৎ (solar system) সৃষ্টি হইয়াছে। আমাদের এই সৌরজগতে বহির্বিশ্ব থেকে সময় সময় কোন জ্যোতিষ্ক কক্ষচ্যুত হইয়া আসিয়া পড়ে। তখন আমরা উল্কাপাত (meteoroids) লক্ষ্য করি। এইগুলি ক্ষুদ্র বৃহৎ নানা আকারের পদার্থ। আমাদের পৃথিবী অন্যান্য গ্রহের ন্যায় একটি গ্রহ এবং প্রত্যেক গ্রহ, উপগ্রহ সূর্য হইতে আলো এবং তাপ লইয়া আলোকিত এবং উত্তপ্ত হয়। সূর্য একটি নক্ষত্র (star) এবং মহাবিশ্বে (space) এইরূপ অসংখ্য নক্ষত্র আছে। নক্ষত্রগুলি প্রত্যেকেই উত্তপ্ত অগ্নিপিণ্ড এবং নিজের আলোকে আলোকিত।

বিংশ শতাব্দীর পূর্ব পর্যন্ত জ্যোতিকবিজ্ঞানীদের (astronomers) চিন্তাধারা শুধুমাত্র গ্রহগুলির মধ্যেই প্রধানতঃ সীমাবদ্ধ ছিল। সূর্য সম্বন্ধে রীতিমত গবেষণা এই শতাব্দীতে শুরু হইয়াছে। গ্রহ সম্বন্ধে গবেষণার কারণ এই যে, গ্রহগুলি পৃথিবীর মত এবং প্রধান কৌতূহল এই যে, অন্যান্য গ্রহে জীবন (life) আছে কিনা এবং জীবনের অস্তিত্ব থাকিলে তাহাদের স্বরূপ কি?

যাহা হউক, মানুষের কৌতূহল অজানাকে জানিবার প্রেরণা সর্বদাই দিয়াছে। ১৬০০ খ্রীস্টাব্দে জনৈক সাধু প্রচার করিয়াছিলেন যে, প্রত্যেকটি নক্ষত্রই একটি সূর্য। এই কারণে সাধুকে ধর্মের নামে পুড়াইয়া ফেলা হয়। কিন্তু ১৮৩৮ খ্রীস্টাব্দে বেসেল (Bessel) নামক জার্মান বৈজ্ঞানিক ৬১ সিগ্‌নাই (61 cygni) নক্ষত্রের প্যারাল্যাক্স (parallax—পৃথিবীর বার্ষিক গতি হইতে উৎপন্ন নক্ষত্রের কৌণিক অবস্থানজনিত ভ্রান্তি বিশেষ) মাপিয়া নক্ষত্রের পৃথিবী হইতে দূরত্ব নির্ণয় করিতে সক্ষম হইয়াছিলেন। ইহার ফলে যে গবেষণার সূত্রপাত হয় তাহা দ্বারা নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে, নক্ষত্রগুলি এক একটি সূর্যবিশেষ। আলো (light) প্রতি

সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল বা ৩×১০^{৮} মিটার বেগে প্রবাহিত হয়। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৮ মিনিট সময়ের প্রয়োজন। কিন্তু কোন নিকটবর্তী নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় তিন বৎসর সময়ের প্রয়োজন হইবে। অর্থাৎ এই নক্ষত্র যদি এই মুহূর্তে নিভিয়া যায়, তাহা হইলে আমরা তিন বৎসর পর ইহার অস্তিত্ব হারাইব। অতএব আকাশ এবং মহাশূন্যের ধারণা ক্রমেই বৃহৎ হইতে বৃহত্তর হইতে চলিয়াছে।

উইলিয়ম হার্সেল (William Herschel, 1787) নামক ইংরেজ জ্যোতির্বিদ ১৭৮৭ সালে প্রমাণ করিলেন যে, নক্ষত্রগুলি যথেচ্ছাক্রমে আকাশে ছড়াইয়া নাই ররং তাহারা অনেকগুলি মিলিয়া একটি বিশাল গ্যালাক্সীর (galaxy) সৃষ্টি করে। আমরা যে ছায়াপথ (The Milky Way) রাত্রিকালে দেখিতে পাই উহা অসংখ্য নক্ষত্রপুঞ্জের আলোকে আলোকিত হইয়া আমাদের দৃষ্টিপথে প্রতিফলিত হয়। গ্যালাক্সীতে পৃথক নক্ষত্র ছাড়াও রাশি রাশি নক্ষত্রপুঞ্জ একত্র হইয়া অস্বচ্ছ আলোকিত মেঘ (নেবুলা—nebulus) বিরাজ করিতেছে। এই সমস্ত গ্যালাক্সীর ব্যাস এত বিশাল যে ইহার এক প্রান্ত থেকে অন্য প্রান্তে যাইতে আলোর ১,০০০০০ বৎসর প্রয়োজন হইবে।

২. 'জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান' বিজ্ঞানের একটি শাখা

জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান গ্রহ-নক্ষত্র ইত্যাদি জ্যোতিষ্কদের বিজ্ঞান এবং জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানী দূর থেকে তাঁহার গবেষণার বিষয়গুলি অবলোকন করিবেন। সমগ্র বিশ্বই তাঁহার ল্যাবরেটরী। কিন্তু জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান লইয়া অতীতে অনেক কুসংস্কারের আবির্ভাব হইয়াছে। মানুষের জ্ঞানের ক্ষুধা এবং তাহার ভবিষ্যতের সুযোগ লইয়া যে কুসংস্কার এবং অন্ধ-বিশ্বাসের সৃষ্টি হইয়াছে তাহা জ্যোতিষশাস্ত্র (astrology)। বৈজ্ঞানিক দৃষ্টিভঙ্গী হইতে দেখিলে জ্যোতিষ্ক-বিদ্যাকে পরীক্ষা এবং পর্যবেক্ষণের আওতায় ফেলিয়া গবেষণা করিতে হইবে। বিজ্ঞানের উদ্দেশ্য হইল প্রকৃতির জটিল প্রক্রিয়াগুলির অন্তর্নিহিত অপেক্ষাকৃত সহজ নিয়মগুলিকে

বুঝিতে বা বুঝাইতে চেষ্টা করা। ধর্মের সহিত বিজ্ঞানের কোন বিরোধ নাই। উভযের পথই ভিন্ন। আমরা সংক্ষেপে বিভিন্ন দেশে বিভিন্ন সময়ে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানের অগ্রগতি সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

৩ প্রাচীন জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান

বিজ্ঞানের শাখা হিসাবে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান প্রাচীন গ্রীস দেশে অধ্যয়ন করা হয়। ইহার পূর্বে চীন, পাক-ভারত-বাংলাদেশ, ইরাক এবং মিশর দেশে এই শাস্ত্র অধ্যয়ন করা হইত।

(ক) চীন দেশের জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান: প্রায় ৪০০০ বৎসর পূর্বে চীন দেশে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানের আলোচনা ধারাবাহিকভাবে আরম্ভ হইয়াছিল এবং আকাশে জ্যোতিষ্কমণ্ডলীর গতিবিধি লক্ষ্য করিয়া তাহাদের বিবরণ লিপিবদ্ধ করা হইয়াছিল। খ্রীস্টের জন্মের প্রায় ২০০০ বৎসর পূর্বেই চীন দেশে এক প্রকার পঞ্জিকার ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছিল। কথিত আছে যে, খ্রীস্টপূর্ব ২১৫৯ অব্দে দুইজন জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানী 'হি' এবং 'হো' সঠিকভাবে সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণের সময়-তারিখ নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিতে অক্ষম হওয়ায় রাজার কোপ-দৃষ্টিতে পড়েন এবং মৃত্যুবরণ করিতে বাধ্য হন। চীন দেশীয় জ্যোতিষ্ক বিজ্ঞানীদের কয়েকটি আবিষ্কার বিশেষভাবে লক্ষণীয়। খ্রীস্টপূর্ব ৩৫০ অব্দে 'শিসেন' প্রায় ৮০০ নক্ষত্রের একটি তালিকা প্রণয়ন করিয়া ছিলেন। তিনি কৌণিক দূরত্বের ব্যবহার করিয়াছিলেন। তিনি বৃত্তকে মোট ৩৬৫¼ অংশে বিভক্ত করিয়াছিলেন। ইহার কারণ এই যে, এক বৎসরে মোট ৩৬৫¼ দিন আছে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, চীন-দেশের জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানিগণ বৎসরের দৈর্ঘ্য নিখুঁতভাবেই নির্ণয় করিয়া-ছিলেন। ঐ সময়ে বৎসরের ক্ষুদ্রতম দিনে সূর্যের অবস্থানও নির্ণীত হইয়াছিল। ২৫ খ্রীস্টাব্দে সূর্যগ্রহণের সময় নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হইয়াছিল। ধূমকেতু এবং উল্কা পতনের পূর্ণ তালিকা খ্রীস্টপূর্ব ৭০০ অব্দ হইতেই চীনদেশে রাখা হইত। এমন কি নগ্ন চোখে দেখা সূর্যের উপরিভাগের কৃষ্ণদাগও (sun spot) তালিকাভুক্ত হইয়াছিল। কতকগুলি

নক্ষত্র সাধাবণতঃ খুব ঝাপসা দেখা যায, কিন্তু হঠাৎ কযেক দিন বা সপ্তাহেব জন্য তাহাদেব ঔজ্জ্বল্য বৃদ্ধি পাইযা খুব বড আকাবে দেখা যায। এইরূপ নক্ষত্রকে 'নোভা' (Nova) বলে। ১০৫৪ খ্রীস্টাব্দে 'টবাস' (Taurus) 'বাশিব' (constellation) বৃহৎ নোভাব আবির্ভাব চীন-দেশেব জ্যোতিক-বিজ্ঞানেব অন্তর্ভুক্ত হইযাছে। সেই মহান রাশিব অবশিষ্ট এখনও 'বৃশ্চিক' বাশিব আকাবে (crab nebula) দেখা যায।

(খ) **হিন্দু জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান ঃ** ভাবতে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান বহুদিন হইতে সমাজে আদৃত হইযা আসিতেছে। কিন্তু এই জ্যোতিক-বিজ্ঞান বৈজ্ঞানিক পটভূমিকাব সীমা ছাডিযা জ্যোতিষশাস্ত্রে (astrology) বূপান্তবিত হইযাছিল এবং ভণ্ড জ্যোতিষবিদ্ এখনও পর্যন্ত ইহাব সুযোগ গ্রহণ কবিযা সমাজকে বিপথে চালায। হিন্দু সমাজে ইহাব প্রভাব অপবিসীম। যাহা হউক আনুমানিক ৩০০ খ্রীস্টাব্দেব পর হইতে ভাবতেব অধিবাসিগণ কযেকটি উল্লেখযোগ্য ঘটনা আবিষ্কাব কবিতে সক্ষম হইযাছিলেন। তাঁহাবা পৃথিবীব ব্যাস (diameter) ৭৮৪০ মাইল নির্ণয কবিযাছিলেন। পৃথিবীব প্রকৃত ব্যাস ৭৯২৭ মাইল। তাঁহাবা পৃথিবী হইতে চন্দ্রেব দূবত্ব আবিষ্কাব কবেন। তাঁহাদেব মতে এই দূবত্ব ২,৫৩,০০০ মাইল। প্রকৃত দূবত্ব ২,৩৯,০০০ মাইল। সবচেযে প্রধান ভাবতীয আবিষ্কাব হইল বীজগণিত এবং সংখ্যা লিখিবাব পদ্ধতি। আববগণ এই বীজগণিত এবং সংখ্যা লিখিবাব পদ্ধতি ভাবত হইতে গ্রহণ করিযা ইউবোপে লইযা গিযাছিলেন। এবং মধ্যযুগে ইহাদেব ব্যবহাব বহুল পবিমাণে কবিযাছিলেন।

(গ) **ব্যাবিলনেব জ্যোতিক-বিজ্ঞান ঃ** ব্যাবিলনেব অধিবাসিগণ খ্রীস্টপূর্ব ২০০০ অব্দে পঞ্জিকা নির্ণয কবিযাছিলেন। তাঁহাদেব বৎসবে ৩৬০ দিন এবং ১২ মাস ছিল। ইহা ছাডা কযেক বৎসর পব পব ১২ মাসেব পবিবর্তে ১৩ মাস ধবা হইত। ইহা দ্বাবা তাঁহাদেব অশুদ্ধ বৎসবকে সংশোধন কবা হইত। ইহা ছাডা ব্যাবিলনেব অধিবাসীবা 'সূর্য ডাযাল' (sun dial) আবিষ্কাব করিযাছিলেন এবং

দিনকে ঘণ্টা, মিনিট এবং সেকেণ্ডে বিভক্ত করিয়াছিলেন।

খ্রীস্টপূর্ব ৬০০ অব্দে ব্যাবিলনবাসীরা চন্দ্র, সূর্য এবং গ্রহের অবস্থান এবং তাহাদের গ্রহণকালের (eclipses) ভবিষ্যদ্বাণী করিয়াছিলেন। তাঁহারা নিখুঁতভাবে চন্দ্রগ্রহণের আবর্তনকাল (১৮ বৎসরের আবর্তন-কাল) নির্ণয় করিয়াছিলেন। ইহাকে 'সারোস' (saros or chaldean saros) বলে। ইহার অর্থ এই যে, প্রতি ১৮ বৎসর পর পর চন্দ্রগ্রহণ বৎসরে একই সময়ে ঘটিতে থাকিবে।

অনেকেই মনে করেন যে, উপরোল্লিখিত আবিষ্কার ছাড়াও ব্যাবিলনের অধিবাসীরা জ্যোতিষশাস্ত্র (astrology) আবিষ্কার করিয়াছিলেন। ইহার ফলে বদ্ধমূল কুসংস্কার সৃষ্টি হইয়াছে যে আকাশের জ্যোতিষ্কমণ্ডলী পৃথিবীতে মানুষের ভাগ্য নিয়ন্ত্রণ করে।

(ঘ) মিশর দেশের জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান: মিশর দেশে পুরাতন কালে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানের আলোচনা ধর্মীয় নেতাদের মধ্যেই সীমাবদ্ধ ছিল। তাঁহারাও এক প্রকার পঞ্জিকার ব্যবহার করিতেন এবং তাঁহাদের বৎসরে ৩৬৫¼ দিন ছিল এবং ঋতু পরিবর্তনের সময় তাঁহারা সঠিকভাবেই নিরূপণ করিতেন। নীল নদের বাৎসরিক বন্যার সময় নির্ণয় জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানীদের একটি প্রধান কার্য ছিল।

(ঙ) গ্রীস দেশীয় বা ইউনানী জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞান: প্রাচীন কালের গ্রীকদের মতে, আকাশ একটি অসীম গোলক এবং ইহার তলে নক্ষত্রগুলি এক একটি মুক্তার মত বসানো আছে। আকাশ একটি কাল্পনিক রেখাকে কেন্দ্র করিয়া ঘুরিতেছে এবং এই রেখা পৃথিবীর মধ্য দিয়া গিয়াছে। গ্রীকগণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, উত্তর-আকাশে বর্তমান কালের ধ্রুবতারার (Polaris) সন্নিকটে একটি স্থির বিন্দু আছে এবং ইহা অন্যান্য নক্ষত্রের সহিত আবর্তনে অংশ গ্রহণ করে না। অতএব আকাশের অক্ষরেখা (কাল্পনিক) এই বিন্দু দিয়া গিয়াছে। ঐরূপ দক্ষিণ আকাশে একটি বিন্দু আছে। এই দুইটি বিন্দুকে যথাক্রমে উত্তর এবং দক্ষিণ ধ্রুব-বিন্দু (celestial poles) বলে।

যখন সূর্যোদয় হয় তখন সূর্যের আলোক আকাশে ছড়াইয়া পড়ে এবং বায়ুমণ্ডলের 'অণু', 'পরমাণু' (molecules, atoms) দ্বারা বিক্ষিপ্ত (scattered) হইয়া আকাশকে নীল দেখায়। গ্রীকগণ জানিতেন যে, ঐ নীল আকাশের আড়ালে যাবতীয় নক্ষত্র লুকাইয়া রহিয়াছে।

সারা বৎসর সূর্যের অবস্থান ক্রমশঃই পরিবর্তিত হইতে থাকে এবং প্রতিদিন সূর্য অন্যান্য নক্ষত্রের তুলনায় গড়ে ৪ মিনিট পরে পূর্ব আকাশে উদিত হয়। অতএব আকাশে সূর্যের নিজস্ব একটি গতি আছে। গ্রীকগণ আকাশে সূর্যের এই আপেক্ষিত গতিপথ কল্পনা করিয়াছিলেন। ইহাকে কক্ষপথ (ecliptic) বলে। চন্দ্র যখন এই পথের উপর বা সন্নিকটে থাকে তখন চন্দ্রগ্রহণ (eclipse) হয়। সূর্য ব্যতীত চন্দ্র এবং গ্রহগণকে আকাশে অন্যান্য নক্ষত্রের তুলনায় অবস্থান পরিবর্তন করিতে দেখা যায়। চন্দ্র প্রায় এক মাসে আকাশে একবার সম্পূর্ণভাবে ঘুরিয়া আসে। গ্রীকগণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, চন্দ্র এবং মঙ্গল (Mars), বুধ (Pluto), বৃহস্পতি (Jupiter) ইত্যাদি গ্রহগণ আকাশে ভ্রমণ করিয়া থাকে এবং অবশিষ্ট প্রায় সব নক্ষত্র আকাশে পরস্পরের আপেক্ষিক দূরত্ব স্থির রাখে। এইজন্য প্রাচীনকালের গ্রীকগণ গ্রহকে (planets) ভ্রমণকারী জ্যোতিষ্ক (wandering stars) এবং স্থির জ্যোতিষ্ককে নক্ষত্র (star) বলিয়া অভিহিত করিতেন। সেকালে চন্দ্র, সূর্য, মঙ্গল, বুধ, শনি, শুক্র এবং বৃহস্পতি (Sun, Moon, Mars, Mercury, Saturn Venus and Jupiter) এই সাতটি জ্যোতিষ্ককেই 'গ্রহ' (planets) আখ্যা দেওয়া হইয়াছিল এবং তাহাদের গতিবিধি সম্বন্ধে জ্ঞান অর্জন করিবার জন্য অনেক গবেষণা করা হইত। আমরা সপ্তাহের সাতটি দিন এই জ্যোতিষ্কগুলির আলোচনা হইতে পাইয়াছি। যেমন—সোমবার, চন্দ্রদিন ইত্যাদি।

রাশিচক্র

গ্রহ এবং চন্দ্রের কক্ষপথগুলির সূর্যের কক্ষপথের অতি নিকটে অবস্থিত থাকিতে দেখা যায়। ইহার কারণ এই যে, এই জ্যোতিষ্কগুলির সকলেই একই সমতলে থাকিয়া সূর্যের চারিদিকে আবর্তন করিতেছে। এই কক্ষপথগুলি সূর্যের কক্ষপথের (বা পৃথিবীর কক্ষপথের) উভয় পার্শ্বে সরু

বেল্টের (বলয) মধ্যে অবস্থিত। এই বেল্টকে রাশিচক্র (zodiac) বলে। এই বাশিচক্রকে ১২টি রাশিতে বিভক্ত করা হইযাছিল : Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagittarius, Capricorns, Aquarius and Pisces.

গ্রহগণেব বিশেষ বাশিতে অবস্থানেব সহিত যে মানুষেব ভাগ্যেব সম্বন্ধ বিবাজ কবিতেছে প্রাচীনকাল হইতেই এরূপ কুসংস্কাব চলিযা আসিতেছে। গ্রীকগণ আলেকজাণ্ডাবেব সহিত ভাবতে আগমন কবিযা ভারতের মৃত্তিকায এই কুসংস্কাবেব বীজ বপন কবিযাছিলেন এবং আজিও ইহাব প্রভাব শেষ হয নাই।

নক্ষত্রপুঞ্জ (Constellations)

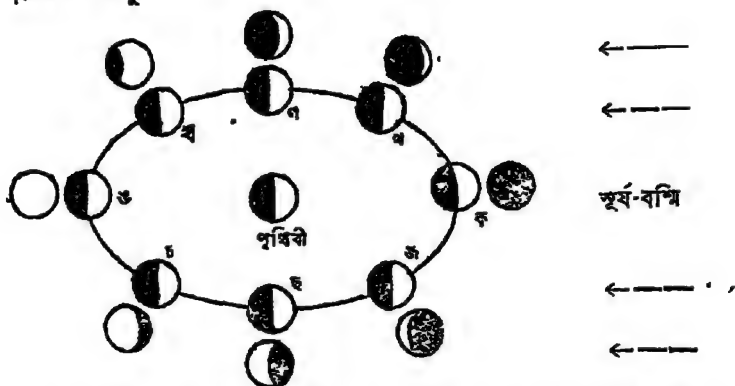
গ্রীকগণ আকাশে নক্ষত্রপুঞ্জের অবস্থান অনুসাবে আকাশকে কতকগুলি অংশে বিভক্ত করিযা প্রত্যেক অংশেব নক্ষত্রপুঞ্জকে একটি নাম দিযাছিলেন। আধুনিক জ্যোতিষ-বিজ্ঞানিগণও এই নামকরণ গ্রহণ কবিযাছেন। কিন্ত এই নক্ষত্রপুঞ্জের নামেব সহিত ইহাদেব চেহারাব কোন মিল না থাকায কিছু বিভ্রান্তিব সৃষ্টি হওযা স্বাভাবিক।

চন্দ্রের ক্ষয়-বৃদ্ধি (Moon's phases)

গ্রীক দার্শনিক অ্যাবিস্টটল (Aristotle) চন্দ্রেব ক্ষয-বৃদ্ধি সম্বন্ধে সঠিক বর্ণনা বাখিযা গিযাছেন। তাঁহাব মতে পৃথিবী নিশ্চল (stationary) এবং চন্দ্র অপেক্ষা সূর্য অনেক দূবে অবস্থিত। কেননা, চন্দ্র সময সময পৃথিবী এবং সূর্যের মাঝখানে আসিযা সূর্যেব আলোক পৃথিবীতে আসিতে বাধা দেয, ফলে সূর্যগ্রহণ ঘটিযা থাকে। চন্দ্রেব আকাশে অবস্থানানুযাযী যতটা সূর্যালোক আমাদের দৃষ্টিপথে পতিত হয, আমবা চন্দ্রেব ততটুকুই দেখিতে পাই। যখন চন্দ্র এবং সূর্য পৃথিবী হইতে একই দৃষ্টিপথে থাকে তখন আমবা চন্দ্রেব আলোকিত অংশ দেখিতে পাই না। এইজন্য ইহা অমাবস্যা (new moon or no moon)। এই সময সূর্যগ্রহণ হইবাব সম্ভাবনা থাকে। কিন্ত সাধারণতঃ এই সময চন্দ্র থেকে পৃথিবী-সূর্য লাইনের একটু উপবে বা একটু নীচে। ইহাব কাবণ এই যে, চন্দ্রেব গতিপথ

সূর্যেব গতিপথেব সহিত সামান্য হেলিষা থাকে (৫°)। চিত্রে 'ক' অবস্থান দেখুন।

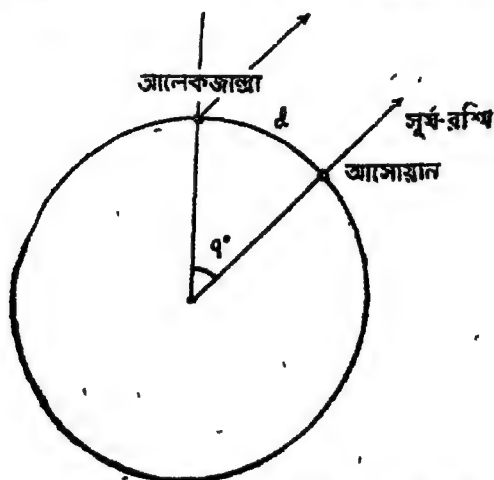
পৃথিবী

সূর্য-বশ্মি

কযেকদিন পব যখন চন্দ্র 'খ' অবস্থানে আসে তখন পৃথিবী হইতে আমবা ইহার আলোকিত অংশেব সামান্য দেখিতে পাই। এইরূপে 'ক' হইতে 'ঙ' অবস্থানে আসিবাব দিন পর্যন্ত ক্রমশঃই আমবা চন্দ্রেব আলোকিত অংশের অধিকতব দেখিতে পাই। 'ঙ' অবস্থানে আমরা 'পূর্ণচন্দ্র' (full moon) দেখি। তাবপব চন্দ্র আবাব 'ঙ' হইতে 'ক' অবস্থানে আসিতে থাকিলে ক্রমশঃ ইহাব পৃথিবীব দিকে নিক্ষিপ্ত আলোকিত অংশেব পবিমাণ কমিতে থাকে। পূর্ণচন্দ্রেব অবস্থানে সময় সময় পৃথিবীব ছাষা চন্দ্রেব উপব পতিত হইলে আমবা চন্দ্রগ্রহণ (Lunar eclipse) দেখি। অ্যাবিস্টটলেব সময় চন্দ্রেব এই 'ক্ষয-বৃদ্ধি'ব জ্ঞান সত্যই বিস্ময়কব।

'পৃথিবী যে গোলাকার' অ্যাবিস্টটল তাহা বুঝাইবার চেষ্টা কবিষাছিলেন। তিনি বলিযাছেন যে, চন্দ্রেব উপব পৃথিবীব ছাযা পতিত হইযা যে চন্দ্রগ্রহণ সৃষ্টি কবে সেই ছাযা সব সময গোলাকাব। ইহা দ্বাবা প্রমাণিত হয যে, পৃথিবী গোলাকাব। দ্বিতীয প্রমাণ হিসাবে অ্যাবিস্টটল লিখিযাছিলেন উত্তব দিকেব ভ্রমণকাবী লক্ষ্য কবিযা থাকেন যে, নক্ষত্রগুলি দিগন্ত বেখায অপেক্ষাকৃত উপবে উঠিযা থাকে। তেমনি দক্ষিণগামী ভ্রমণকাবীবা উল্টা ফল লক্ষ্য কবিবেন। পৃথিবী গোলাকাব না হইলে এইরূপ ঘটনা সম্ভব হইত না।

অ্যারিস্টটলের পর গ্রীক বিজ্ঞানের আবিষ্কারে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানে পরিমাপ-প্রক্রিয়ার (method of measurements) সাহায্য লওয়া হয়।

এরাটোস্থিনিসের পৃথিবীর ব্যাস নির্ণয়

কল্পনা করুন যে, সূর্যের রশ্মিসকল পরস্পর সমান্তরাল। সূর্য পৃথিবী হইতে এত দূরে অবস্থিত যে, আমরা সূর্য-রশ্মিকে সমান্তরাল কল্পনা করিয়া নিম্নলিখিত গণনা করিতে পারি। এরাটোস্থিনিস (Eratosthenes) মিশর দেশের দুইটি স্থান আলেকজান্দ্রিয়া এবং আসোয়ান পছন্দ করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে, ২২শে জুন দ্বিপ্রহরে আসোয়ানে একটি খাড়া কূপের ভিতর সূর্য-রশ্মি সোজা হইয়া পতিত হয়। ইহার অর্থ এই যে, ঐদিন আসোয়ান সূর্যের ঠিক নীচে অবস্থিত। কিন্তু উত্তর দিকে আলেকজান্দ্রিয়াতে সূর্য-রশ্মি খাড়া রেখার (vertical) সহিত প্রায় ৭° কোণ উৎপন্ন করে। আসোয়ান হইতে আলেকজান্দ্রার দূরত্ব জানিয়া গোলকার পৃথিবীর পরিসীমা নির্ণয় সম্ভব। (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

মনে করুন আসোয়ান-আলেকজান্দ্রার দূরত্ব $= d$. অতএব, সমগ্র পৃথিবীর পরিসীমা C হইবে

$$C = \frac{৩৬০}{৭} \times d$$

এইভাবে উত্তব-দক্ষিণে পৃথিবীব পবিসীমাব মান ইহাব প্রকৃত মান ২৪,৯০০ মাইলেব প্রায শতকবা ১ ভাগেব মধ্যে নির্ণয কবা হইয়াছিল।

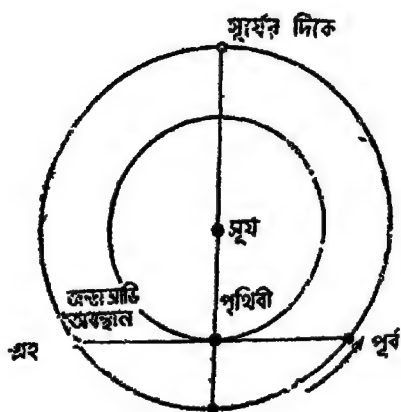
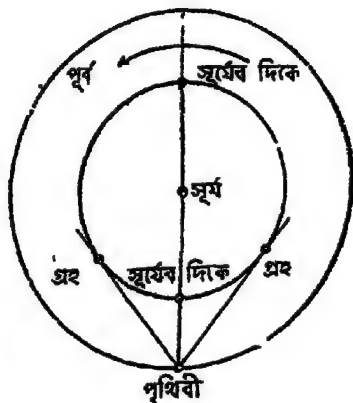
হিপাবকাস (Hipparchus)

খ্রীস্টপূর্ব ১৫০ অব্দে হিপাবকাস নামক গ্রীক জ্যোতিষ-বিজ্ঞানী বোডস দ্বীপে একটি অবজাবভেটবী (observatory) নির্মাণ কবেন এবং কযেকটি যন্ত্রেব সাহায্যে নক্ষত্রপুঞ্জেব সঠিক দিক নির্ণয কবিতে সক্ষম হন। তিনি প্রায ১ সহস্র তাবকাব তালিকা প্রস্তুত কবেন এবং প্রত্যেকটি তাবকাব স্থান নির্ণয কবিবাব জন্য স্থানাঙ্ক (co-ordinates) ব্যবহাব কবেন। উজ্জলতাব উপব ভিত্তি কবিষা হিপাবকাস নক্ষত্র-গুলিকে ৬ ভাগে বিভক্ত কবেন এবং প্রত্যেক নক্ষত্র অন্য নক্ষত্রেব তুলনায কত উজ্জল তাহা স্থিব কবেন। তিনি সর্বপ্রথম আবিষ্কাব কবেন যে, ধ্রুবতাবকা (north polaris) গত ১৫০ বৎসবে স্বকীয স্থান পবিবর্তন কবিযাছে অর্থাৎ পৃথিবীব অক্ষবেখা ধীবে ধীবে দিক পবিবর্তন কবে। ইহাব প্রকৃত কাবণ এই যে, পৃথিবীব উপব সূর্য এবং চন্দ্রেব মাধ্যাকর্ষণেব ফলে ক্রমশঃ ইহাব অক্ষবেখা (axis) ঘূর্ণ্যমান লাটিমেব মত দিক পবিবর্তন কবিযা থাকে। ইহাব আবর্তনকাল প্রায ২৬,০০০ বৎসব।

ইহা ছাডা হিপাবকাস চন্দ্রেব দূবত্ব এবং আযতন নির্ণয কবেন। তিনি সূর্য এবং চন্দ্রেব কৌণিক ব্যাস ½° নির্ণয কবেন। তিনি নির্ভুলভাবে চন্দ্রগ্রহণেব সময স্থিব কবেন এবং তিনি সর্বপ্রথম সিদ্ধান্ত কবেন যে পৃথিবীব কক্ষপথ একটি উপবৃত্ত (ellipse) এবং বৃত্তাকাব নহে।

(চ) **মধ্যযুগীয় জ্যোতিষ-বিজ্ঞান :** মধ্যযুগীয ইউবোপে জ্যোতিষ-বিজ্ঞানে উল্লেখযোগ্য কোন আবিষ্কাব সম্ভব হয নাই। মধ্যযুগীয মন কতকটা অন্ধবিশ্বাসেব উপব নির্ভব কবিত। সর্বপ্রথম কপাবনিকাস (Nicholas Copernicus) ১৫৩০ খ্রীস্টাব্দে এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে, সূর্য স্থিব বস্তু এবং পৃথিবী সূর্যেব চতুর্দিকে আবর্তন কবিতেছে। কপাবনিকাস পৃথিবীব বার্ষিক গতিব সঠিক প্রমাণ দেন নাই। কিন্তু তিনি আপেক্ষিক গতি (relative motion) সম্বন্ধে বিশদভাবে

আলোচনা করেন। এই আপেক্ষিক গতিব সাহায্যে তিনি সিদ্ধান্ত কবেন যে, সূর্যেব আপাত বার্ষিক গতিকে পৃথিবীব বার্ষিক গতি দ্বাবা সহজে বর্ণনা কবা সম্ভব। সূর্য হইতে দূরত্বানুযায়ী কপারনিকাস গ্রহগুলিকে পর্যাযক্রমে মাবকুারী (Mercury), শুক্র (Venus), পৃথিবী, মঙ্গল (Mars), বৃহস্পতি (Jupiter) এবং শনি (Saturn)-কে স্থাপন কবেন এবং সিদ্ধান্ত করেন যে, সূর্যেব নিকটবর্তী গ্রহ অপেক্ষাকৃত দূববর্তী গ্রহ অপেক্ষা দ্রুতবেগে সূর্যের চাবিদিকে আবর্তন কবিতেছে। তাঁহাব মতানুযাযী গ্রহের আবর্তনধাবা নিম্নে বর্ণিত হইল :

যে গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা দূবে অবস্থিত তাহাকে "দূরবর্তী গ্রহ" (superior planet) এবং যে গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা নিকট অবস্থিত তাহাকে "নিকটবর্তী গ্রহ" (inferior planet) বলে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

সূর্যের বিপরীত দিকে দূরবর্তী গ্রহের গতিপথ—মঙ্গল, বৃহস্পতি এবং শনি

নিকটবর্তী গ্রহের গতিপথ—বুধ এবং শুক্র

পৃথিবী কখনও কখনও সূর্য এবং দূরবর্তী গ্রহেব মাঝখানে আসিয়া পড়ে। ঠিক সেই সময আকাশে দূরবর্তী গ্রহকে সূর্যেব বিপরীত

দিকে দেখা যায়। অর্থাৎ সূর্যাস্তের সময় গ্রহ পূর্বাকাশে উদিত হয় এবং সূর্যোদয়ের সময় পশ্চিমাকাশে অস্ত যায়। আমরা বলি যে, এই সময়ে গ্রহ সূর্যের বিপরীতমুখী (in opposition)।

অন্য সময় দূরবর্তী গ্রহকে সূর্যের যে দিকে পৃথিবী তাহার বিপরীত দিকে দেখা যায়। এই অবস্থায় গ্রহ সূর্যাভিমুখী (in conjunction) হয় এবং সূর্যের দিকে থাকে বলিয়া আমরা ইহাকে আকাশে দেখিতে পাই না।

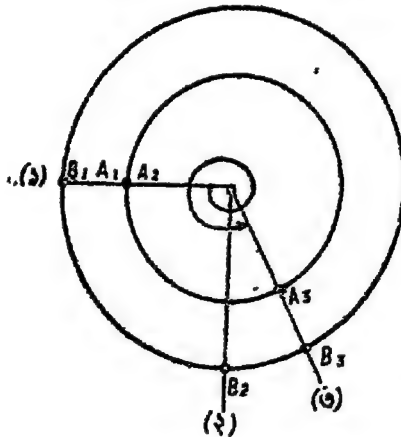
এই দুই অবস্থার মাঝামাঝি সময়ে দূরবর্তী গ্রহ সূর্য ও পৃথিবীর সহিত ৯০° কোণে আসিতে দেখা যায়। এই সময় গ্রহ দ্বিপ্রহরে আকাশে উদিত হয় এবং মধ্যরাত্রিতে অস্ত যায়। ইহা গ্রহের আড়াআড়ি অবস্থা (quadrature)। পৃথিবী হইতে সূর্যের দিকে একটি রেখা এবং পৃথিবী হইতে গ্রহের দিকে অপর একটি রেখা কল্পনা করিলে এই দুইটি কাল্পনিক রেখার মধ্যেকার কৌণিক দূরত্বকে আমরা গ্রহের "কৌণিক ব্যবধান" (elongation) বলি। সূর্যাভিমুখী গ্রহের কৌণিক ব্যবধান 0°, বিপরীত মুখে ১৮০° এবং আড়াআড়ি অবস্থায় ৯০°।

নিকটবর্তী গ্রহের গতিপথের চিত্র লক্ষ্য করিলে দেখা যায় যে, কোন নিকটবর্তী গ্রহই বিপরীতমুখী হইতে পারে না। ইহা সব সময় সূর্যাস্তের অল্পক্ষণ পরে অথবা সূর্যোদয়ের কিছুক্ষণ পূর্বে আকাশে উদয় হয়।

গ্রহের সাইডেরিয়াল বৎসর এবং সাইনডিক বৎসর (Siderial and Synodic periods of a planet)

কপারনিকাস প্রকৃতপক্ষে লক্ষ্য করেন যে, সূর্যের চতুর্দিকে গ্রহের প্রকৃত আবর্তনকাল (siderial period) এবং ইহার আপেক্ষিক আবর্তনকাল [synodic period (পৃথিবীর তুলনায়)] দুইটি পৃথক। সূর্যের চতুর্দিক পরিভ্রমণ করিয়া অন্যান্য জ্যোতিষ্কের ন্যায় আপন অবস্থায় ফিরিয়া আসিতে গ্রহের যে সময় লাগে উহাকে সাইডেরিয়াল বৎসর (siderial period) বলে। অন্যপক্ষে গ্রহ পৃথিবীর তুলনায় পর পর সূর্যের বিপরীতমুখী অবস্থানে আসিতে যে সময় নেয় উহাকে সাইনডিক বৎসর.

(synodic period) বলে।

মনে করুন A এবং B দুইটি গ্রহ এবং A ক্ষুদ্রতর কক্ষপথে B অপেক্ষা দ্রুত আবর্তন করিতেছে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

(১) সংখ্যক অবস্থায় A গ্রহ B গ্রহ এবং সূর্যের সহিত এক সরলরেখায় অবস্থিত। যখন A সূর্যের চতুর্দিকে আবর্তন করিয়া (১) সংখ্যক অবস্থায় ফিরিয়া আসে, ঠিক সেই সময়ে B (২) সংখ্যক অবস্থায় এবং A, B এবং সূর্যের সহিত একই সরল রেখায় (৩) সংখ্যক অবস্থায় আসে। অতএব B, A এবং সূর্য পর পর একই সরলরেখায় আসিতে A, B অপেক্ষা পূর্ণ একবার সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিয়া আসে। এখন B যদি পৃথিবী এবং A একটি নিকটবর্তী গ্রহ (inferior planet) হয় তাহা হইলে (১) সংখ্যক অবস্থা হইতে (৩) সংখ্যক অবস্থায় আসিতে A গ্রহের এক 'সাইনডিক বৎসর' সময় লাগিবে। অন্যথায় যদি A পৃথিবী এবং B দূরবর্তী একটি গ্রহ হয় তবে B-এর সাইনডিক বৎসরে পৃথিবী B অপেক্ষা অধিকবার সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিবে।

পৃথিবী হইতে আমরা একটি গ্রহের সাইনডিক বৎসর নির্ণয় করিতে পারি। কপারনিকাস সাইনডিক বৎসর হইতে সাইডেরিয়াল বৎসর নির্ণয় করিবার সূত্র আবিষ্কার করেন।

মনে করুন একটি গ্রহের সাইডেরিয়াল বৎসরের মান S বৎসর এবং ইহার সাইনডিক বৎসরের মান P বৎসর। P বৎসরে পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে P বার আবর্তন করিবে (P প্রকৃতপক্ষে ১ বৎসর অপেক্ষা কম বা বেশী হইতে পারে)। কিন্তু উপরোক্ত গ্রহটি S বৎসরে সূর্যের

চারিদিকে একবার প্রদক্ষিণ করে। অতএব P বৎসরে P/S-বার ইহা সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিবে। যদি গ্রহটি নিকটবর্তী হয়, তাহা হইলে ইহা পৃথিবী অপেক্ষা একবার বেশী আবর্তন করিবে। অতএব এক্ষেত্রে,

$$P+১=P/S$$

অথবা, $\frac{১}{S}=১+\frac{১}{P}$ (নিকটবর্তী গ্রহ)

কিন্তু যদি গ্রহটি দূরবর্তী (superior planet) হয় তাহা হইলে

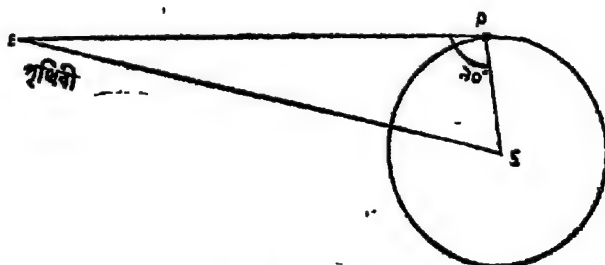
$$P-১=P/S$$

অথবা, $\frac{১}{S}=১-\frac{১}{P}$ (দূরবর্তী গ্রহ)

উদাহরণস্বরূপ মনে করুন, বৃহস্পতি গ্রহের সাইনডিক বৎসর ১.০৯৪ বৎসর। সুতরাং ইহার সাইডেরিয়াল বৎসর S হইবে।

$\frac{১}{S}=১-\frac{১}{১\cdot০৯৪}$ অথবা S=১১·৮৬ বৎসর।

সূর্য হইতে গ্রহের দূরত্ব

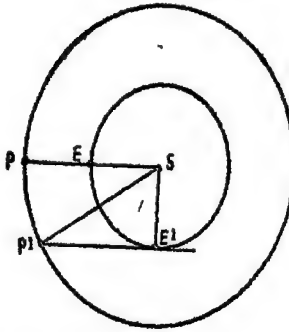
কপারনিকাস সাইডেরিয়াল বৎসরের সাহায্যে গ্রহের দূরত্ব নির্ণয় করেন। প্রথমে একটি নিকটবর্তী গ্রহ কল্পনা করুন। যখন এই গ্রহটি পৃথিবী হইতে বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধানে আসে তখন পৃথিবী হইতে গ্রহ পর্যন্ত কল্পিত সরলরেখা উক্ত গ্রহের কক্ষপথকে স্পর্শ করে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব

অতএব, কৌণিক ব্যবধান $\angle SEP=\theta$ কল্পনা করিয়া, আমরা পাই

SP=ES সাইন θ

SP ≡ সূর্য হইতে গ্রহের দূরত্ব।

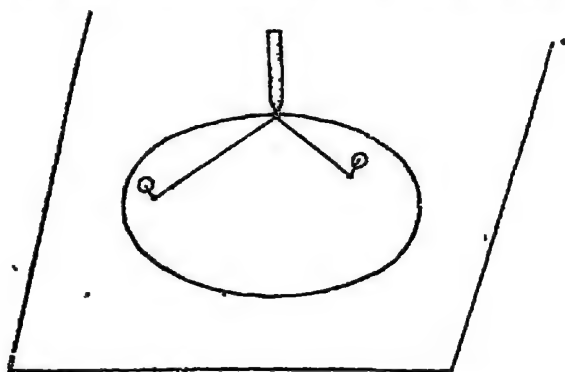
ES ≡ পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব

এখন একটি দূরবর্তী গ্রহের দূরত্ব বিবেচনা করুন। মনে করুন P নামক গ্রহ সূর্যের বিপরীতমুখী অবস্থানে আছে। এই সময় হইতে আরম্ভ করিয়া P যখন আড়াআড়ি অবস্থায় আসে P′ তখন E এবং P-এর অবস্থান E′ এবং P′। এখন P এবং E এর সাইডেরিয়াল বৎসর জানা থাকিলে PSP′ এবং ESE′ কোণ দুইটি নির্ণয় করা যায়। আবার E′SP′ একটি সমকোণী ত্রিভুজ এবং SE′ পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব। অতএব P′S সহজে নির্ণয় করা যায়। এইরূপে পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্বকে 'একক' (unit) ধরিয়া কপারনিকাস নিম্নের বর্ণিত নিয়মে গ্রহের দূরত্ব নির্ণয় করেন:

গ্রহ	দূরত্বের মান	আধুনিক মান
বুধ	০ ৩৬	০ ৩৮৭
শুক্র	০ ৭২	০ ৭২৩
পৃথিবী	১'০০	১'০০
মঙ্গল	১'৫	১'৫২
বৃহস্পতি	'৫	৫ ২০
শনি	'৯	৯ ৫৪

কপারনিকাসের সমসাময়িক টাইকো ব্রাহে (Tycho Brahe, 1546-1601) ডেনমার্কে জ্যোতিকবিদ্যা অধ্যয়নের জন্য একটি গবেষণাগার প্রতিষ্ঠা করেন। তিনি ধূমকেতু (comet) সম্বন্ধে অনেক গবেষণা করেন

কেপলার (Kepler, 1571-1630)

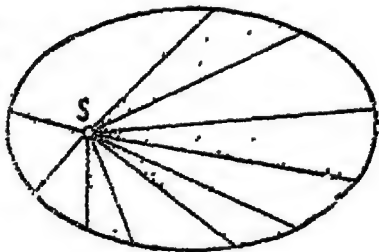
কেপলার একজন জার্মান জ্যোতির্বিদ ছিলেন এবং টাইকো ব্রাহের শিষ্যরূপে তাঁহার সহিত থাকিয়া তাঁহার গবেষণাগারে অধ্যয়ন করিবার সুযোগ পাইয়াছিলেন।

কেপলার সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন যে, সূর্যের চতুর্দিকে যে পথে গ্রহ আবর্তন করে সেই পথ একটি উপবৃত্ত (ellipse)। ইহা বৃত্তের (circle) পরই একটি সহজ রেখা। উপবৃত্ত অতি সহজেই অঙ্কন করা যায়। একটি সূতার দুই ধারে দুইটি আলপিন বাঁধিয়া কাগজের উপর দুই বিন্দুতে আটকাইয়া রাখিয়া একটি পেন্সিলের অগ্রভাগ দিয়া সূতাকে সর্বদা টান রাখিয়া উপবৃত্ত অঙ্কন করুন (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

মঙ্গল গ্রহ লইয়া কেপলার গবেষণা করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে, মঙ্গল গ্রহ উপবৃত্তাকারে সূর্যকে আবর্তন করে এবং সূর্য ঐ উপবৃত্তের একটি উপকেন্দ্রে (focus) অবস্থিত। এই কক্ষপথের বিকেন্দ্রিকতা (eccentricity) মাত্র $\frac{১}{১০}$। কক্ষপথে বিচরণ করিবার সময় এই গ্রহের গতি (speed) সব সময় একইরূপ থাকে না। যখন ইহা সূর্যের নিকটবর্তী হয় তখন ইহার গতি সর্বাপেক্ষা অধিক এবং সূর্য হইতে দূরত্ব যতই বাড়িতে থাকে ততই ইহার গতি কমিতে থাকে। গ্রহের বিচরণ-পথ এবং উহার গতি সম্বন্ধে সঞ্চিত জ্ঞান হইতে তিনি

ইহাদের গতি ও কক্ষপথ (planetary motion) সম্বন্ধে তিনটি নিয়ম বা সূত্র (laws of planetary motio.ı) আবিষ্কার করেন।

কেপলারের প্রথম সূত্র ঃ প্রত্যেকটি গ্রহ সূর্যের চারিদিকে একটি নির্দিষ্ট উপবৃত্তাকার কক্ষপথে বিচরণ করে এবং সূর্য উপবৃত্তের একটি উপকেন্দ্রে (focus) থাকে।

কেপলারের দ্বিতীয় সূত্র ঃ প্রত্যেকটি গ্রহ স্বীয় কক্ষপথে বিচরণ করিবার সময় গ্রহ হইতে সূর্য পর্যন্ত কল্পিত রেখা সমান সমান সময়ে সমান সমান ক্ষেত্রফল বর্ণনা করে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

কেপলারের ৩য় সূত্র ঃ একটি গ্রহের কক্ষপথের বৃহত্তর অক্ষরেখার অর্ধাংশের পরিমাণ যদি a এবং ঐ গ্রহের সাইডেরিয়াল সময়ের পরিমাণ যদি S হয়, তাহা হইলে S^2, a^3-এর সমানুপাতী হইবে, অর্থাৎ প্রত্যেকটি গ্রহের জন্যই $S^2=Ka^3$, $K\equiv$একটি ধ্রুব সংখ্যা। K সকল গ্রহের জন্য একই মান গ্রহণ করে। যথা—মনে করুন বৃহস্পতি গ্রহের জন্য a=৫ ২০ এবং a^3=১৪০ ৬ এবং ইহার বর্গমূল ১২ বৎসর এবং বৃহস্পতি গ্রহের সাইডেরিয়াল বৎসর ১১ ৮৬ বৎসর।

গ্যালিলীও (Galileo Galilei, 1564-1642)

কেপলারের সমসাময়িক গ্যালিলীও ইটালীতে সর্বপ্রথম মেকানিক্সের উপর গবেষণা শুরু করেন। তিনি সর্বপ্রথম পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে, একটি ভারী এবং একটি লঘু পদার্থকে একসঙ্গে একটি উচ্চস্থান হইতে ছাড়িয়া দিলে একই সময়ে উহারা মাটিতে পড়িবে। তিনি মেকানিক্সের Law of Inertia আবিষ্কার করেন এবং বিজ্ঞানে পরীক্ষামূলক গবেষণার ভিত্তি স্থাপন করেন। তিনিই সর্বপ্রথম টেলিস্কোপ আবিষ্কার করেন এবং ইহার সাহায্যে সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন যে, নেবুলা প্রকৃতপক্ষে নক্ষত্রের সমষ্টি, বৃহস্পতি গ্রহের চারিটি উপগ্রহ আছে এবং গ্রহের ক্ষয়বৃদ্ধি আছে (Phases)।

দ্বিতীয় অধ্যায়

মহাকাশ ও ইহার আবর্তন

(Celestial Sphere and Its Rotation)

জ্যোতির্বিদ্যা আলোচনার প্রথমে আমরা পৃথিবীকে একটি গোলক (sphere), এবং ইহা মহাবিশ্বের কেন্দ্রস্থলে আছে বলিয়া মনে করিয়া লই। মহাবিশ্বের জ্যোতিকগুলি একটি বিশাল গোলকের উপর অবস্থিত। এই বিশাল গোলকটিকে আমরা মহাকাশ (celestial sphere) বলিয়া কল্পনা করি। প্রকৃতপক্ষে জ্যোতিকগুলি পৃথিবী হইতে বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থিত। তাহারা এত দূরে অবস্থিত যে, আমরা তাহাদিগের সকলকেই একটি কল্পিত গোলকের (মহাকাশ) উপর কল্পনা করিয়া থাকি। এই কল্পিত গোলকের উপর যে-কোন জ্যোতিকের অবস্থান স্থির করিতে হইলে কতকগুলি মহাবৃত্তের প্রয়োজন।

২.১ মহাকাশ (Celestial Sphere)

মহাকাশকে আমরা একটি গোলক বলিয়া কল্পনা করি। এই গোলকের ব্যাস অসীম (infinity) এবং আমরা যে-কোন স্থান হইতে আকাশকে দেখি না কেন, ঐ স্থানই গোলকের কেন্দ্র। এই গোলকের উপর প্রত্যেকটি জ্যোতিষ্কের একটি অবস্থান আছে। এই অবস্থান প্রকৃত না হইলেও ইহা হইতে একটি জ্যোতিষ্ক অন্যান্য জ্যোতিষ্কের তুলনায় কোন্ দিকে অবস্থান করিতেছে তাহা আমরা জানিতে পারি। দুইটি জ্যোতিষ্কের মধ্যেকার দূরত্ব উভয়ের কৌণিক-দূরত্ব দ্বারা স্থির করা যায়।

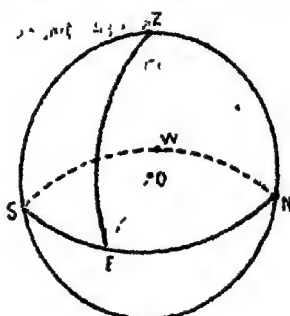
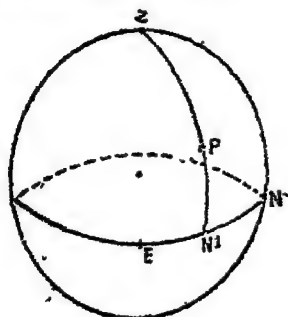
২.২. দিগন্তরেখা এবং মেরিডিয়ান রেখা

(Horizon and Celestial meridian)

আমাদের সোজা মাথার উপর মহাকাশে যে বিন্দুটি কল্পনা করা যায় উহাকে জেনিথ (Zenith) বলে। ইহার বিপরীত দিকের মহাকাশের বিন্দুকে নাদির (Nadir) বলে।

এখন মহাকাশের উপরিভাগে জেনিথ এবং নাদির বিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া যে মহাবৃত্ত (great circle) কল্পনা করা যায় উহাকে মহাকাশের,

দিগন্তরেখা (horizon) বলে। ইহা মহাকাশের উপর একটি কল্পিত রেখা। মহাকাশ গোলকটিকে ইহার কেন্দ্র-মধ্য দিয়া কল্পিত জেনিথ ও নাদিরের যুক্ত রেখার লম্বতলটি যে বৃত্তে ছেদ করিবে উহাই দিগন্তরেখা।

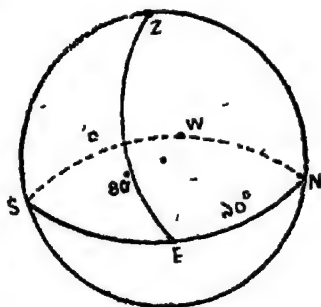
লম্ববৃত্ত (Vertical circles) : মহাকাশের কেন্দ্র, জেনিথ এবং নাদিরের মধ্য দিয়া যে বৃত্তগুলি কল্পনা করা যায় তাহাদিগকে লম্ববৃত্ত বলে। ইহারা দিগন্তরেখার উপর লম্বভাবে অবস্থান করে। যে লম্ববৃত্তটিকে ধ্রুব নক্ষত্রের (Pole star) মধ্য দিয়া কল্পনা করা যায় উহাকে মেরিডিয়ান-রেখা (celestial meridian) বলে। যে লম্ব-বৃত্তটি মেরিডিয়ান রেখার সহিত ৯০° কোণ উৎপন্ন করে, অর্থাৎ মহাকাশের পূর্ব এবং পশ্চিম বিন্দু-মধ্য দিয়া কল্পনা করা যায় উহাকে প্রাথমিক লম্বরেখা (prime vertical) বলে। নিম্নের ১নং চিত্রে Z বিন্দু জেনিথ, SZN লম্বরেখা, EZ প্রাথমিক লম্বরেখা, SEN দিগন্তরেখা।

১ নং চিত্র

২ নং চিত্র

২.৩. মেরিডিয়ান এবং দিগন্তরেখার সাহায্যে মহাকাশের উপর অবস্থিত যে-কোন বিন্দুর স্থানাঙ্ক (co-ordinates) নির্ণয়

২নং চিত্রে মনে করুন P মহাকাশের উপর একটি জ্যোতিষ্ক, Z জেনিথ, E পূর্ব বিন্দু, N উত্তর বিন্দু (লম্বরেখা ও দিগন্তরেখার ছেদবিন্দুদ্বয়কে উত্তর ও দক্ষিণ বিন্দু বলে) এবং ZP, P-বিন্দু-মধ্য দিয়া অঙ্কিত লম্ববৃত্তাংশ। দিগন্তরেখার উপর N হইতে পূর্বদিকে NN′ দূরত্বকে (কৌণিক) অ্যাজিমাথ (azimuth) এবং N′P-কৌণিক দূরত্বকে

উচ্চতা (altitude) বলে। অ্যাযিমাথ এবং উচ্চতা জানা থাকিলে মহাকাশের উপর P-এর আপেক্ষিক অবস্থান নির্ণয় করা যায়। NN′ এবং N′P-কে, P-এর স্থানাঙ্ক (co-ordinates) বলে।

উদাহরণ ১। একটি নক্ষত্রের অ্যাযিমাথ ৯০° এবং উচ্চতা ৪৫° হইলে উহার অবস্থান নির্ণয় করুন।

উদাহরণ ২। একটি নক্ষত্রের অ্যাযিমাথ ১৮০° এবং উচ্চতা ৬০°। নক্ষত্রটির অবস্থান নির্ণয় করুন। নক্ষত্রটি বিন্দু হইতে ৬০° উচ্চতায় অবস্থিত।

আকাশে নক্ষত্রের অবস্থান এই স্থানাঙ্কগুলি দ্বারা সহজে নির্ণয় করা যায়। এইজন্য জরিপ-কার্যে এবং সমুদ্রযাত্রায় এইগুলির ব্যবহার হইয়া থাকে। কিন্তু একটি জ্যোতিষ্কের অ্যাযিমাথ এবং উচ্চতা অবিরত পরিবর্তনশীল। ইহার কারণ, মহাকাশের আপেক্ষিক (apparent) আবর্তন। ইহা ছাড়া একই জ্যোতিষ্কের স্থানাঙ্ক বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন রূপ। এই অসুবিধার জন্য অন্যরূপ স্থানাঙ্কের প্রয়োজন হয়।

২.৪. আহ্নিক গতি

আকাশে সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্ত দৃষ্টে মনে হয় যেন মহাকাশ পৃথিবীর চারিদিকে অবিরত পূর্ব হইতে পশ্চিম দিকে ঘুরিতেছে। এই আপাত আহ্নিক গতি (diurnal motion) প্রকৃতপক্ষে পৃথিবীর আপন মেরুদণ্ডের উপর পশ্চিম হইতে পূর্ব দিকে আবর্তনের ফলে হইয়া থাকে।

প্রত্যেকটি নক্ষত্র দৈনিক আকাশের চারিদিকে আবর্তন করে। ইহাদের আবর্তন-পথগুলি পরস্পর সমান্তরাল বৃত্তাকার এবং উহারা প্রত্যেকে একই সময়ে আবর্তন করে। কিন্তু সূর্য, চন্দ্র এবং গ্রহগণ আপাতদৃষ্টিতে তাহাদের স্থান পরিবর্তন করে বলিয়া উহাদের আবর্তন-কাল (period) সমান নহে এবং উহাদের পথ ও সমান্তরাল নহে। একটি নক্ষত্রের আবর্তনকাল উহার আবর্তন-পথের উপর নির্ভর করে।

যে সমস্ত নক্ষত্র ঠিক পূর্ব বিন্দুতে উদয় হয় সেই সমস্ত নক্ষত্রের গতি সর্বাধিক এবং যে সমস্ত নক্ষত্র পূর্ব বিন্দু হইতে যতটা উত্তর বা দক্ষিণ দিকে উদয় হয় সেই পরিমাণে তাহাদের গতি কম হইয়া আসে। এইরূপ ধ্রুবতারার নিকটবর্তী নক্ষত্রগুলির গতি অত্যন্ত কম। ধ্রুবতারা একটি স্থির নক্ষত্র।

২.৫. মহাকাশের স্থিরবিন্দুদ্বয় (Celestial poles)

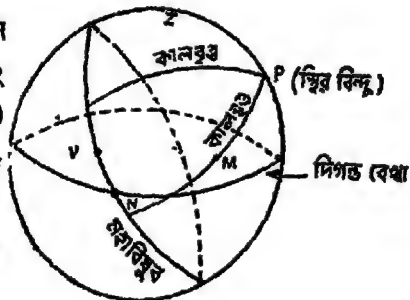
মহাকাশে দুইটি বিন্দু আছে যাহাদের কোন গতি নাই অর্থাৎ উহারা স্থির বিন্দু। এই বিন্দুদ্বয়ের দিকে পৃথিবীর অক্ষরেখা (axis) মুখ করিয়া আছে। উত্তর গোলার্ধের ধ্রুব নক্ষত্রটি এই কল্পিত বিন্দুর ১° ডিগ্রীর নিকটে অবস্থিত।

২.৬. মহাবিষুব (Celestial equator) : কালবৃত্ত (hour circles)

মহাকাশ গোলকের উপরিস্থ স্থির বিন্দু (poles)-দ্বয়ের মাঝামাঝি মহাবৃত্তটিকে (great circle) মহাবিষুব বলে। পৃথিবীর বিষুবরেখা যে তলের উপর অবস্থিত ঐ তলটি বর্ধিত করিয়া মহাকাশের তলকে যে বৃত্তে ছেদ করিতে কল্পনা করা যায় উহাই মহাবিষুব বৃত্ত। যাবতীয় আবর্তন-পথের মধ্যে ইহাই বৃহত্তম আবর্তন-পথ (diurnal circles)। সূর্য এই বৃত্তের উপর ২১শে মার্চ অথবা ২৩শে সেপ্টেম্বর বিরাজ করে। কোন নির্দিষ্ট স্থানে মহাবিষুব বৃত্তের অবস্থান সর্বদা অপরিবর্তিত থাকে।

কালবৃত্তগুলি (hour circles) স্থির বিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া মহাবিষুবের উপর লম্বভাবে অবস্থান করে (৩নং চিত্র দেখুন)।

২.৭. রাইট অ্যাসেনশন (Right ascension), এবং বিষুব লম্ব (declination)

সূর্য ২১শে মার্চ যে বিন্দুর উপর অবস্থান করে সেই বিন্দুকে ভারনাল একুইনক্স (Vernal Equinox) বলে। সূর্যের গতিপথে (ecliptic)

৩ নং চিত্র

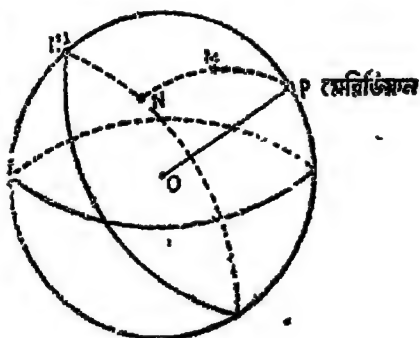
এবং মহাবিষুব রেখা যে দুই বিন্দুতে ছেদ করে উহাদের একটিকে ভারনাল একুইনক্স্ বলে। মনে করুন ৩নং চিত্রে V বিন্দুটি ভারনাল ইকুইনক্স্, M যদি একটি নক্ষত্রের অবস্থান হয় এবং PMN কালবৃত্তের অংশ হয় তাহা হইলে V বিন্দু হইতে পূর্ব দিকে মহাবিষুবের উপর VN কৌণিক দূরত্বকে রাইট্ অ্যাসেন্শন্ এবং NM কৌণিক দূরত্বকে M নক্ষত্রের বিষুবলম্ব (declination) বলে। বিষুবলম্ব উত্তর বা দক্ষিণ দিকে মাপা হয়। এখানে NM হইল নক্ষত্রের উত্তর বিষুবলম্ব। রাইট অ্যাসেনশনের পরিমাণ ০° হইতে ৩৬০° পর্যন্ত হয়। কখনও কখনও রাইট অ্যাসেনশন ডিগ্রীর পরিবর্তে সময় দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ২৪ ঘণ্টায় ৩৬০° ধরিয়া ডিগ্রীকে সময়ে পরিণত করিতে হয়। যেমন, মনে করুন সিরিয়াস নক্ষত্রের রাইট অ্যাসেনশন ৬ ঘ ৪৩ মি এবং বিষুবলম্ব দক্ষিণে ১৬°৩৯´; ইহার অর্থ এই যে, ইহা ভারনাল একুইনক্স্ হইতে পূর্বদিকে ১০০°৪৫´ এবং মহাবিষুব হইতে দক্ষিণ দিকে ১৬°৩৯´ দূরে অবস্থিত। এখানে

১ ঘণ্টা =১৫°	১৫°=১ ঘণ্টা
১ মিনিট =১৫´	১° =৪ মিনিট
১ সেকেণ্ড=১৫´´	১´ =৪ সেকেণ্ড

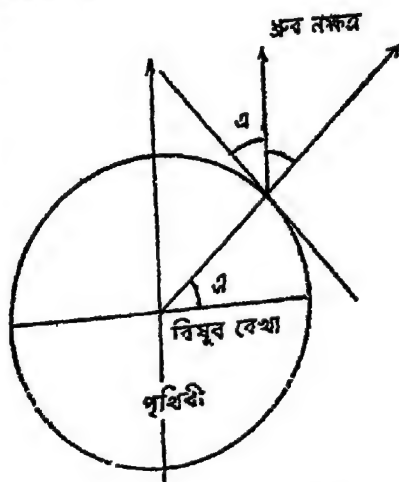
২.৮ কৌণিক কাল (Hour angle)

একটি নক্ষত্রের অবস্থান অনেক সময় কৌণিককাল এবং নতি দ্বারা প্রকাশ করা যায়। এখানে কোন স্থানের মেরিডিয়ান-রেখাকে মূল রেখা ধরিয়া লইতে হয়। একটি নক্ষত্র যখন মেরিডিান-রেখার উপরের অংশ অতিক্রম করে, তখন আমরা বলি যে, নক্ষত্রটি উচ্চমধ্যাহ্নে আসিয়াছে। সেইরূপ যখন ইহা নীচের অংশ অতিক্রম করে তখন আমরা বলি যে, নক্ষত্রটি নিম্নমধ্যাহ্নে আসিয়াছে।

মেরিডিয়ান হইতে মহাবিষুবের উপর কোন নক্ষত্রের কালবৃত্ত পশ্চিম দিকে যতদূর অবস্থিত, তাহার পরিমাণ নির্ণয় করে ঐ নক্ষত্রের স্থানীয় কৌণিক কাল (hour angle)। ইহা ০° হইতে ৩৬০° পর্যন্ত বৃদ্ধি

পায (৪নং চিত্র দেখুন)। M একটি নক্ষত্র, PMN ইহাব কালবৃত্ত। NN´ ইহাব কৌণিক কাল (hour angle)। কৌণিক কাল সাবাদিনে ০° হইতে ৩৬০° পর্যন্ত পবিবর্তিত হয।

৪ নং চিত্র

২.৯. কোন স্থানের অক্ষাংশ (latitude) ঐ স্থানেব ধ্রুবনক্ষত্রের উন্নতি (altitude)-এব সমান

ভূ-পৃষ্ঠে কোন স্থানেব অক্ষাংশ ঐ স্থানের লম্ব বেখা (vertical line) এবং বিষুবরেখার তলেব মধ্যেকাব কোণেব পবিমাণ নির্ণয় কবে। সুতবাং ইহা জেনিথেব দিকে অঙ্কিত বেখা এবং মহাবিষুবেব মধ্যেকাব কোণেব সমান (৫নং চিত্র দেখুন)।

৫ নং চিত্র

২.১০ মেরুবিন্দুতে নক্ষত্রের আবর্তন-পথগুলি দিগন্তরেখাব সমান্তরাল

আমবা যদি সুমেরু বিন্দু হইতে আকাশের দিকে লক্ষ্য কবি তাহা

হইলে ধ্রুব নক্ষত্রটি জেনিথের দিকে দেখা যাইবে এবং মহাবিষুব রেখাটি দিগন্তরেখার সহিত মিলিয়া যাইবে। যেহেতু নক্ষত্রের আবর্তন-পথ মহাবিষুবের সমান্তরাল, মহাবিষুব হইতে উত্তর দিকের নক্ষত্রগুলি কখনই অস্ত যায় না এবং মহাবিষুব হইতে দক্ষিণ দিকের নক্ষত্রগুলি কখনই উদয় হয় না (৬ নং চিত্র দেখুন)।

৬ নং চিত্র

২.১১. ভূপৃষ্ঠে বিষুব রেখায় অবস্থিত স্থানসমূহে যে-কোন নক্ষত্রের আবর্তন-পথ দিগন্তরেখার উপর লম্ব

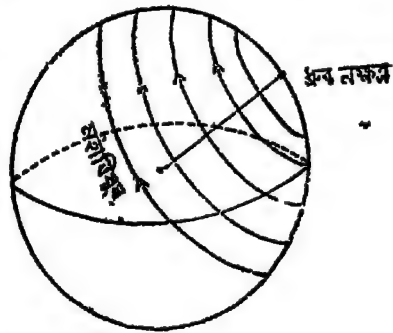
ভূ-পৃষ্ঠে বিষুবরেখার উপর যে-কোন স্থানের অক্ষাংশ ০°। সুতরাং ধ্রুবনক্ষত্রটি দিগন্তরেখার সহিত মিলিয়া যায় এবং মহাবিষুব রেখা দিগন্তের উপর লম্ব হয়। নক্ষত্রের আবর্তন-পথ মহাবিষুবের সমান্তরাল বলিয়া দিগন্তের উপর লম্ব হয় এবং প্রত্যেকটি নক্ষত্র দিগন্তের উপর ১২ ঘণ্টা এবং নীচে ১২ ঘণ্টা বিরাজ করে। এখানে দিনরাত্রি সর্বদা সমান (৭নং চিত্র দেখুন)।

৭ নং চিত্র

২.১২. অন্যত্র নক্ষত্রের আবর্তন-পথ

মেরুবিন্দু এবং বিষুবরেখার মধ্যবর্তী যে-কোন স্থানের অক্ষাংশ ০° এবং ৯০°-এর মাঝামাঝি একটি মান এবং ঐরূপ স্থানে ধ্রুবতারা—খ-বিন্দু এবং দিগন্তের মাঝামাঝি স্থানে বিরাজ করে। অতএব ঐ স্থানে

মহাবিষুব রেখার তল দিগন্তের সহিত নির্দিষ্ট কোণে অবস্থান করে। মনে করুন একটি স্থানের অক্ষাংশ λ°; অতএব ধ্রুবনক্ষত্র λ° উন্নতিতে এবং মহাবিষুব দিগন্তের সহিত ৯০°—λ° কোণ উৎপন্ন করে এবং প্রত্যেকটি নক্ষত্রের আবর্তন-পথ ৯০°—λ° কোণে থাকে (৮ নং চিত্র দেখুন)।

৮ নং চিত্র

এইসব স্থানে শুধু মহাবিষুবের অর্ধাংশ দিগন্তরেখার উপরে এবং অপর অর্ধাংশ দিগন্তরেখার নীচে অবস্থান করে। কিন্তু নক্ষত্রের আবর্তন-পথগুলির অর্ধাংশাপেক্ষা কম বা বেশী দিগন্তের উপরে থাকে। মহাবিষুব হইতে উত্তর দিকের পথগুলির অর্ধেকাংশের বেশী দিগন্তের উপরে থাকে। এমন কি AB পথটি সম্পূর্ণই দিগন্তের উপরে থাকে। AB এবং তদূর্ধ্ব যাবতীয় পথের নক্ষত্রগুলি কখনই অস্ত যায় না।

এইরূপে যে স্থানের অক্ষাংশ λ°, সেই স্থানে ধ্রুবনক্ষত্র হইতে λ° স্থান পর্যন্ত বিস্তৃত অংশের নক্ষত্র কখনই অস্ত যায় না। সেইরূপ দক্ষিণ দিকের স্থির বিন্দু (south pole star) হইতে λ° পর্যন্ত বিস্তৃত নক্ষত্রগুলি কখনই উদয় হয় না। ইহাদের মাঝামাঝি স্থানসমূহের নক্ষত্রগুলির উদয়াস্ত পরিলক্ষিত হয়। আমরা যতই দক্ষিণ দিকে চলিতে থাকিব ততই অস্তহীন নক্ষত্রগুলির (circumpolar stars) সংখ্যা কমিতে থাকিবে এবং পরিশেষে বিষুব অঞ্চলে উহারা মিলিয়া যাইবে। সেইরূপ আমরা উত্তর দিকে চলিতে থাকিলে অস্তহীন তারকার রাজ্য বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। অবশেষে যখন আমরা উত্তর মেরুতে পৌঁছিব তখন দেখিব যে, কোন নক্ষত্রই অস্ত যায় না। দক্ষিণ গোলার্ধে একইরূপ অবস্থা পরিলক্ষিত হইবে।

২.১৩ অস্তহীন নক্ষত্র (Circumpolar Stars)

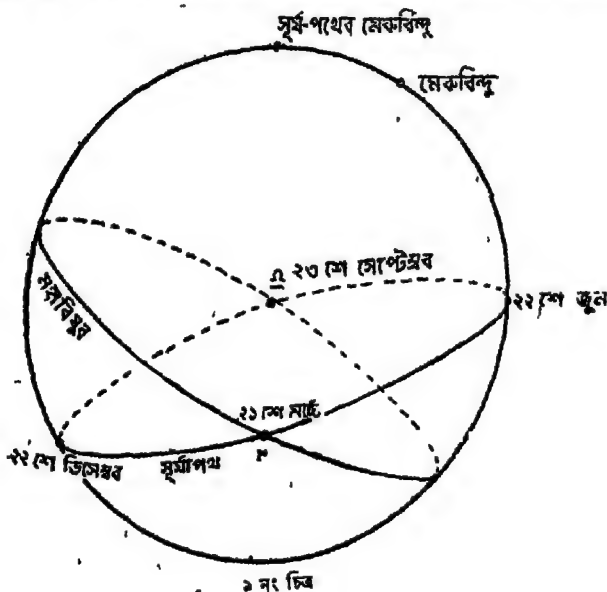
যদি কোন নক্ষত্র কোন স্থানের দিগন্তরেখা অপেক্ষা ধ্রুব নক্ষত্রের (celestial pole) নিকটে থাকে তাহা হইলে ঐ নক্ষত্রের আবর্তন-পথ দিগন্তরেখাকে ছেদ করে না। সুতরাং ঐ স্থানের কোন দর্শক ঐরূপ নক্ষত্রকে অস্ত যাইতে দেখিবেন না। উদাহরণস্বরূপ মনে করুন, কোন নক্ষত্রের নতি (declination) + ৫৮°। অতএব ধ্রুব নক্ষত্র হইতে ইহার দূরত্ব ৯০° − ৫৮° = ৩২°। সুতরাং যে স্থানের অক্ষাংশ ৪০° সেই স্থানে নক্ষত্রটি কখনই অস্ত যায় না। সূর্য ২২শে জুন তারিখে + ২৩½° নতিতে অবস্থান করে। অতএব ঐ দিন ধ্রুবনক্ষত্র হইতে সূর্যের দূরত্ব ৬৬½°। যে স্থানের অক্ষাংশ ৬৬½° বা তদপেক্ষা অধিক সেই সকল স্থানে সূর্য অস্ত যায় না। মধ্যরাত্রির সূর্য (midnight sun) একটি বিশেষ দৃষ্টান্ত। ধ্রুবনক্ষত্র হইতে ২৩½° দূরত্বে অঙ্কিত বৃত্তকে আর্কটিক বৃত্ত (arctic circle) বলে। মেরুবিন্দু হইতে আর্কটিক বৃত্ত পর্যন্ত ২২শে জুনে মধ্যরাত্রিতে সূর্য দেখা যায়। সুমেরুতে (north pole) ৬ মাস দিন এবং ৬ মাস রাত্রি বিরাজ করে।

২.১৪. সূর্যের আপাত কক্ষপথ (Apparent annual path of the sun). রাশিচক্রের পশ্চিম গতি (Western advance of the constellations through the year)

যদি আমরা যে-কোন নির্দিষ্ট একটি নক্ষত্রের অবস্থান লক্ষ্য করি তাহা হইলে আমরা দেখিব যে, রাত্রিকালে প্রত্যেকদিন একই সময়ে নক্ষত্রটি একই স্থানে না থাকিয়া দৈনিক একটু পশ্চিম দিকে সরিয়া যায়। যেমন, মনে করুন অরিয়ন (orion) রাশিকে ডিসেম্বর মাসের সন্ধ্যায় পূর্বদিকে উদয় হইতে দেখা যায়, কিন্তু মে মাসের দিকে রাশিটি সন্ধ্যায় পশ্চিম আকাশে অস্ত যায়।

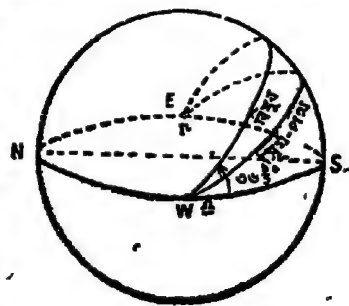
এইরূপে দেখা যায় যে প্রত্যেক মাসে একটি রাশি (constellation) সন্ধ্যায় উদয় হয়। আকাশে ইহাদের পশ্চিম গতির কারণ এই যে, সূর্য আকাশে বিভিন্ন সময়ে বিভিন্ন নক্ষত্রপুঞ্জের মধ্যে বিচরণ করে। ইহা আমাদের কল্পনা। প্রকৃতপক্ষে পৃথিবী মহাবিশ্বের নির্দিষ্ট কক্ষপথে সূর্যের

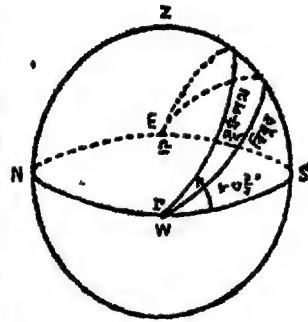
চতুর্দিকে বৎসরে একবার ঘুরিয়া আসে এবং আমরা পৃথিবীর উপর আছি বলিয়া পৃথিবীকে স্থির দেখি এবং সূর্য নক্ষত্রপুঞ্জের মধ্যে ক্রমশঃ পূর্ব-দিকে অগ্রসর হইতে থাকে এবং এক বৎসরে আপন স্থানে ফিরিয়া আসে। শুধু তাহাই নহে, সূর্য কক্ষপথে পরিভ্রমণ-কালে দোলকের মত বিষুবরেখা হইতে উত্তরে এবং দক্ষিণে গতি পরিবর্তন করে। সূর্যের এই দৃশ্যমান (আপাত) কক্ষপথ মহাবিষুবের সহিত হেলান অবস্থায় আছে। ইহাকে সূর্যের কক্ষপথ বা এক্লিপটিক্ (Ecliptic) বলে। সূর্যের কেন্দ্রকে এই কক্ষপথের উপর কল্পনা করিলে, এই কক্ষপথের তল (plane of the Ecliptic) মহাকাশের গোলকের উপর অঙ্কিত মহাবিষুবের তলের সহিত ২৩½° কোণ উৎপন্ন করে। সূর্যের অবস্থান অনুসারে এক্লিপটিকের উপর চারিটি বিন্দু বা অবস্থানকে চারিটি নাম দেওয়া হইয়াছে। যে দুইটি বিন্দুতে এক্লিপ্‌টিক মহাবিষুবকে ছেদ করে তাহাদিগকে 'ইকুইনক্‌স্' (Equinox) বলে। ইকুইনক্‌স হইতে ৯০° দূরে দুই বিন্দুকে "সলিস্টিস্" বলে। ২১শে মার্চ সূর্য যে অবস্থানে

১ নং চিত্র

আসে সেই অবস্থান বা এক্লিপ্‌টিকের উপর সেই বিন্দুকে "ভারনাল ইকুইনক্স" (Vernal Equinox) বলে। ইহাকে অনেক সময় এরিসের বিন্দু (♈) (First point of Aries) বলে। ২৩শে সেপ্টেম্বর সূর্যের যে অবস্থান সেই অবস্থানকে "অটাম্‌নাল ইকুইনক্স" (Autumnal Equinox) বলে। ইহাকে "লিব্রা" বিন্দুও (Ω) বলে। ২২শে জুন সূর্য বিষুবরেখা হইতে উত্তরে সর্বাধিক দূরত্বে অবস্থান করে। এই অবস্থানকে 'সামার সলিস্‌টিস্‌' (summer solistice) বলে। ঐরূপ ২২শে ডিসেম্বর সূর্য বিষুবরেখা হইতে সর্বাধিক দক্ষিণে অবস্থান করে। এই অবস্থানকে 'উইন্টার সলিস্‌টিস্‌' (winter solistice) বলে। অবশ্য এই তারিখগুলি সম্পূর্ণ নির্ভুল নহে। লীপ্‌ইয়ারের (leap year) জন্য ইহাদের সামান্য রদবদল প্রয়োজন।

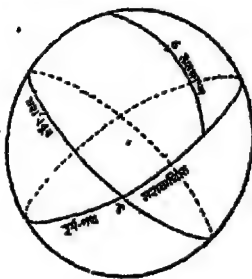
এক্লিপ্‌টিক এবং মহাবিষুবের তলদ্বয়ের মধ্যবর্তী কৌণিক ব্যবধান (obliquity) প্রতি ১২৮ বৎসরে ০°·১′ (মিনিট, ৬০ মিনিট=১°) কমিয়া আসে। ইহার অর্থ এই যে, পৃথিবীর মেরুবিন্দুদ্বয় স্থান পরিবর্তন করে।

২.১৫. সূর্যপথ বা এক্লিপ্‌টিক্ এবং দিগন্তবৃত্তের সম্বন্ধ

পৃথিবীর উপরিস্থ কোন নির্দিষ্ট স্থানে মহাবিষুবের সহিত দিগন্ত-বৃত্তের কৌণিক ব্যবধান মোটামুটিভাবে একই থাকে। যেমন মনে করুন ৩০°N-এর কোন স্থানের দিগন্ত-বলয়, ঐ স্থানের বিষুব-তলের সহিত ৬০° কৌণিক ব্যবধানে অবস্থিত। মহাবিষুবের সহিত ২৩½° কৌণিক ব্যবধানে অবস্থিত বলিয়া সূর্যপথ দিগন্তবৃত্তের সহিত বৃহত্তম এবং ক্ষুদ্রতম কৌণিক ব্যবধানে আসিবার সময় এরিস বিন্দু (♈) উদয় অথবা অস্ত যায় (১০ নং চিত্র দেখুন)।

১০ নং চিত্র

৩০°N সমান্তরাল অক্ষাংশে সূর্য-পথ এবং দিগন্তবৃত্তের কৌণিক ব্যবধান ৬০°−২৩½°=৩৬½° অথবা ৬০°+২৩½°=৮৩½°। অর্থাৎ ২৩শে সেপ্টেম্বরে যখন সূর্য উদয় হয় অথবা অস্ত যায়, তখন কৌণিক ব্যবধান ৩৬½°। তেমনি ২১শে মার্চ যখন সূর্য অস্ত যায় অথবা উদয় হয় সেই সময় কৌণিক ব্যবধান ৮৩½° (১১ নং চিত্র দেখুন)।

১১ নং চিত্র

২.১৬. সূর্য, চন্দ্র এবং গ্রহের অবস্থান

পূর্বকালে জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানীরা সূর্য, চন্দ্র এবং উজ্জ্বল গ্রহের অবস্থান লইয়াই বিশেষভাবে আলোচনা করিতেন। তাই জ্যোতিষ্কগুলির সকলেই সূর্যপথের নিকটে অবস্থান করে বলিয়া জ্যোতিষ্ক-বিজ্ঞানীরা সূর্যপথের সংস্রব লইয়া ইহাদের অবস্থান নির্ণয় করিতেন। মহাদ্রাঘিমা (celestial longitude) বলিতে ♈ বিন্দু হইতে সূর্যপথের উপর জ্যোতিষ্ক হইতে অঙ্কিত মহাবৃত্তের পাদবিন্দু পর্যন্ত কৌণিক দূরত্বকে বুঝায়। মহাঅক্ষাংশ (celestial latitude) বলিতে জ্যোতিষ্ক হইতে সূর্যপথের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তাংশের কৌণিক ব্যবধানকে বুঝায় (১২ নং চিত্র দেখুন)।

১২ নং চিত্র

২.১৭ রাশিচক্র (Constellations)

নক্ষত্রপুঞ্জ দ্বারা আকাশে নানারূপ চিত্র (pattern) কল্পনা করা হইত। কতকগুলি নক্ষত্র মিলিয়া যে একটি কল্পিত চিত্র গঠন করিত ইহাদিগকে [illegible] রাশি বা constellation বলা হইত। বর্তমানকালে রাশি

বা constellation বলিতে আকাশেব এক একটি অংশেব নক্ষত্রপুঞ্জেব সমষ্টিকে বুঝায়। কোন একটি নক্ষত্রেব স্থান নির্ণয় কবিতে ইহাদিগকে ব্যবহাব কবিতে পাবা যায়।

২.১৮. নক্ষত্রের নামকরণ এবং উহাদের ঔজ্জ্বল্যের প্রকারভেদ

কমপক্ষে ৫০টি নক্ষত্রেব নাম বহু পুবাতনকাল হইতেই প্রচলিত হইযা আসিতেছে। যেমন সিবিযাস (Sirius), ক্যাপেলা (Capella) প্রভৃতি গ্রীক নাম। ভেগা (Vega), বিগেল (Rigel), আলদিববণ (Aldebaran) আলগল (Algal), আলটেযাব (Altair), বেতেলযুছ (Betelgeuse) প্রভৃতি আববী নাম। ঔজ্জ্বল্যের তাবতম্য অনুসাবে নক্ষত্রগুলিকে সংখ্যা দ্বাবা বর্ণনা কবা হয। যেমন প্রথম স্তবেব নক্ষত্র দ্বিতীয় স্তবেব নক্ষত্র অপেক্ষা প্রায ২½ গুণ বেশী উজ্জ্বল। সিবিযাস—১ ৪, ক্যানোপাস—০ ৭, ভেগা—০, অর্থাৎ ভেগা অপেক্ষা ক্যানোপাস উজ্জ্বলতব এবং সিবিযাস উচ্চ-ক্যানোপাস অপেক্ষা উজ্জ্বলতব।

২.১৯. উদাহরণ ১। একটি জ্যোতিষ্কেব বিষুব লম্ব বা নতি (declination) δ-এর সহিত উহাব জেনিথ-দূরত্ব z, এবং স্থানীয অক্ষাংশ ϕ-এব সম্বন্ধ নির্ণয করুন।

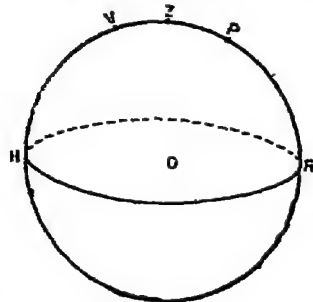
(ক) মনে করুন (১৩ নং চিত্র দেখুন) মেবিডিয়ান লাইন অতিক্রম কবিবাব সময জেনিথ-বিন্দুব দক্ষিণ দিকে P বিন্দুটি জ্যোতিষ্কেব অবস্থান নির্দেশ করিতেছে। চিত্র হইতে আমবা পাই, $PZ=z$। কিন্তু Z হইতে বিষুব বেখাব দূবত্ব ϕ এবং জ্যোতিষ্ক হইতে বিষুব বেখাব দূবত্ব δ। অতএব,

$$\phi=z+\delta.$$

অথবা, $z=\phi-\delta$

অথবা, $\delta=\phi-z$

(খ) অপবপক্ষে যদি V বিন্দু জ্যোতিষ্কেব অবস্থান হয (জেনিথের উত্তব দিকে মেবিডিযান অতিক্রম কবিবাব সময) তাহা হইলে V হইতে বিষুববেখাব দূবত্ব δ এব সমান এবং Z হইতে জ্যোতিষ্কেব

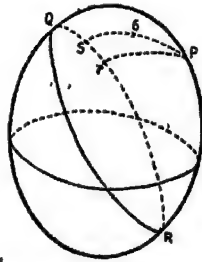
১৩ নং চিত্র

দূরত্ব Z এবং Z হইতে বিষুব রেখার দূরত্ব ϕ। অতএব

$$\delta=z+\phi$$

অথবা, $z=\delta-\phi$

অথবা, $\phi=\delta-z.$

উদাহরণ ২। একটি জ্যোতিকের রাইট অ্যাসেন্‌শন্‌ ৫ ঘণ্টা ২২ মিনিট এবং একটি স্থানের স্থানীয় সাইডেরিয়াল সময় ৭ ঘণ্টা ৪২ মিনিট হইলে ঐ স্থানে জ্যোতিকটির কৌণিক-কাল নির্ণয় করুন।

১৪ নং চিত্র হইতে আমরা সহজেই পাই যে, কৌণিক-কাল h, সাইডেরিয়াল সময় t এবং রাইট অ্যাসেন্‌শন্‌ α-এর মধ্যে সম্বন্ধটি নিয়রূপ যথা—

$$t=\alpha+h$$

এখানে $t=$৭ ঘণ্টা ৪২ মিনিট

$\alpha=$৫ ঘণ্টা ২২ মিনিট

অতএব, কৌণিক-কাল

$h=t-\alpha$

$=$৭ ঘণ্টা ৪২ মি.—

৫ ঘণ্টা ২২ মিঃ

$=$২ ঘণ্টা ২০ মিঃ।

১৪ নং চিত্র

উদাহরণ ৩। কোনও স্থানে একটি অস্তহীন নক্ষত্রের মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় ঊর্ধ্ব ও নিম্ন উন্নতি (altitude) যথাক্রমে ৩৭°৮′ এবং এবং ৮°২′ হইয়া থাকিলে ঐ স্থানের স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন।

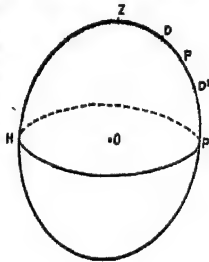
১৫ নং চিত্রে মনে করুন D_1 এবং D বিন্দুতে জ্যোতিকটি মেরিডিয়ান অতিক্রম করিতেছে। অতএব প্রশ্নের মর্মানুসারে, DR=৩৭°৮′ এবং D_1R= ৮°২′। যদি স্থানীয় অক্ষাংশ ϕ হয় তাহা হইলে, PR=ϕ অতএব

$\phi=PD_1+$৮°২′।

কিন্তু $PD1=\frac{1}{2}DD_1=\frac{1}{2}$ (৩৭°৮′—৮°২′)$=\frac{1}{2}$(২৯°৬),

$\therefore$ $PD_1=$১৪°৩৩′।

সুতরাং $\phi=$১৪°৩৩′+৮°২′।

$=$২২°৩৫′ নির্ণেয় স্থানীয় অক্ষাংশ।

১৫ নং চিত্র

তৃতীয় অধ্যায়

পৃথিবী

(THE EARTH)

আকাশের অন্যান্য জ্যোতিককে জানিবার পূর্বে আমাদের পৃথিবী সম্বন্ধে সর্বপ্রথম জানা দরকার, কারণ পৃথিবী সম্বন্ধে সর্বাপেক্ষা বেশী অনুসন্ধান করা সম্ভব হইয়াছে।

৩ ১. আকার, পরিমাণ (Mass) এবং ঘনত্ব (Density)

আকার: আমরা ছোটবেলা হইতেই জানিয়া আসিয়াছি যে, পৃথিবী একটি গোলকের ন্যায়, কিন্তু পূর্ণ গোলক নহে। একটি উপবৃত্ত (Ellipse)-কে উহার ছোট অক্ষের চারিদিকে আবর্তন করিলে যে আকার ধারণ করে তাহাকে অবলেট্ স্ফেরয়েড (Oblate spheroid) বলে। পৃথিবীর আকার কতকটা এইরূপ। কমলালেবুর মত উত্তর মেরু এবং দক্ষিণ মেরুর দিকে কিছুটা চাপা (flat) এবং বিষুব রেখা বরাবর ফাঁপিয়া উঠিয়াছে। পৃথিবী যদি পূর্ণ গোলক হইত, তাহা হইলে একই দ্রাঘিমা রেখার উপর ১° ডিগ্রী অক্ষাংশ অতিক্রম করিলে একই দূরত্ব পাওয়া যাইত। যদি একই দ্রাঘিমা রেখার উপর আমরা চলিতে থাকি তাহা হইলে উত্তর দিকে যাইতে প্রতি ১° অক্ষাংশ অতিক্রম করিলে ধ্রুবনক্ষত্র ১° উপরে উঠিবে। নক্ষত্রের এই উন্নতি মাপিয়া আমরা পাই:

বিষুব রেখা হইতে ১° অক্ষাংশ		=৬৮.৭ মাইল
	২০° অক্ষাংশ ১° ব্যবধান	=৬৮.৮ মাইল
	৪০° অক্ষাংশ ১° ব্যবধান	=৬৯.০ মাইল
	৬০° " ১° "	=৬৯.২ মাইল
	৯০° " " "	=৬৯.৪ মাইল।

সাধারণ মাইল=৫২৮০ ফুট=১৭৬০ গজ

নটিক্যাল মাইল=৬০৮০ ফুট।

বাম দিকেব প্লেটেব উপব আকর্ষণেব পবিমাণ,

$$G.\frac{M_E M_A}{R^2}+G\frac{M_E M_B}{d^2}$$

ডান দিকেব প্লেটেব উপব আকর্ষণেব পবিমাণ

$$G\frac{M_E M_A}{R^2}+G\frac{M_E M_C}{R^2}$$

$$\therefore \frac{M_E M_A}{R^2}+\frac{M_A M_B}{d^2}=\frac{M_E M_A}{R^2}+\frac{M_E M_C}{R^2}$$

অথবা, $M_E = \frac{R^2}{d^2} \quad \frac{M_A M_B}{M_C}$

এই সূত্র হইতে আমবা M_E-এব পবিমাণ নির্ণয কবিতে পাবি। আধুনিক কালে অনেক সূক্ষ্ম এবং উন্নত ধবনেব যন্ত্রপাতিব সাহায্যে পশ্চিম জগতেব বৈজ্ঞানিকেবা পৃথিবীব পবিমাণ নিখুঁতভাবে নির্ণয কবিতে সক্ষম হইযাছেন। এইরূপ সূক্ষ্ম পদ্ধতিব সাহায্যে জানা যায যে, পৃথিবীব পবিমাণ ৫.৯৮ $\times$ ১০^{২৭} গ্রাম বা ৬.৬ $\times$ ১০^{২১} টন।

ঘনত্ব (density) : একটি গোলকেব আযতন (volume) $=\frac{4}{3}\pi R^3$, R=ব্যাসার্ধ। পৃথিবীকে গোলক মনে কবিবা ইহাব আযতন ১.০৮ $\times$ ১০^{২৭} ঘন সেণ্টিমিটাব পাওযা যায। অতএব,

$$\text{ঘনত্ব (density)} = \frac{৫.৯৮\times ১০^{২৭}}{১.০৮\times ১০^{২৭}} \text{ গ্রাম/ঘন সে মি.}$$
$$= ৫.৫ \text{ গ্রাম/ঘন সে. মি}$$

৩২. পৃথিবীব অভ্যন্তর

(১) অভ্যন্তবেব প্রকৃতি : পৃথিবীব ঘনত্বেব জ্ঞান হইতে আমবা ইহাব অভ্যন্তবেব প্রকৃতি কিছু বুঝিতে পাবি। পৃথিবীব বহিবাববণেব ঘনত্ব ২.৭ গ্রাম, কিন্তু ইহাব গড ঘনত্ব ৫.৫ গ্রাম। ইহা হইতে বুঝা যায যে, পৃথিবীব অভ্যন্তবেব ঘনত্ব অনেক গুণ বেশী। আমবা যতই নীচেব দিকে যাইব ততই পৃথিবীব উপবের স্তবসমূহেব চাপ বেশী লক্ষ্য কবিব। এইরূপে পৃথিবীব কেন্দ্রে মোট চাপের পবিমাণ প্রায়

৫০×১০⁶ পাউণ্ড/বর্গ ইঞ্চি। এই চাপের ফলে পৃথিবীর অভ্যন্তরের পদার্থ গরম এবং শক্ত হইয়া গিয়াছে। অতএব কেন্দ্রের নিকট পদার্থ অতিশয় গরম এবং শক্ত।

(২) ভূ-কম্পন: পৃথিবীর অভ্যন্তরের অতিরিক্ত চাপ সময় সময় বহিঃপ্রকাশের সুযোগ পায়। কোন কোন সময়ে কোন ছিদ্রপথে যখন এই বহিঃপ্রকাশ ঘটে তখন ভূকম্পনের ঢেউ পৃথিবীর উপরিভাগ এবং অভ্যন্তর দিয়া প্রবাহিত হয়। এই ঢেউগুলির গতি, দৈর্ঘ্য প্রভৃতির জ্ঞান হইতে আমরা পৃথিবীর অভ্যন্তরের কিছু পরিচয় পাই। অনুমান করা হয় যে, পৃথিবীর অভ্যন্তরে প্রতি ১০০ ফুট দূরে তাপ ১° বৃদ্ধি পায়।

(৩) পৃথিবীর বয়স: পৃথিবীর অভ্যন্তর হইতে প্রাপ্ত কতকগুলি সজীব (radio active) ধাতব পদার্থের বিকিরণ (radiation) লক্ষ্য করিয়া বৈজ্ঞানিকেরা পৃথিবীর বয়স সম্বন্ধে আনুমানিক জ্ঞান পাইয়াছেন। আমরা জানি যে, থোরিয়াম এবং ইউরেনিয়াম ধাতব পদার্থগুলি নিয়ত নিজস্ব শক্তি (energy) বিকিরণ করিয়া থাকে এবং অবশেষে সীসা (lead) নামক ধাতব পদার্থে রূপান্তরিত হয়। কি ভাবে এবং কি গতিতে এই বিকিরণ ঘটিয়া থাকে তাহা বৈজ্ঞানিকেরা আবিষ্কার করিয়াছেন। খনিতে প্রাপ্ত পদার্থের মধ্যে সীসা এবং ইউরেনিয়াম বা থোরিয়াম ধাতুর আনুপাতিক পরিমাণ নির্ণয় করিয়া বৈজ্ঞানিকেরা বিকিরণের সময় স্থির করিয়াছেন এবং তাঁহারা অনুমান করেন যে, এই বিকিরণের সময় এবং পৃথিবীর বয়স একই। বৈজ্ঞানিকদের মধ্যে এই সময় নির্ণয়ের ব্যাপারে মতভেদ থাকা সত্ত্বেও মোটামুটিভাবে বলা যায় যে, আনুমানিক ২ হইতে ৫ শত কোটি (২-৫ বিলিয়ন) বৎসর পূর্বে পৃথিবীর জন্ম হইয়াছিল।

৩.৩. বায়ুমণ্ডল

আমরা এক বিশাল বায়ুসমুদ্রের তলদেশে বাস করিতেছি। পৃথিবীর চারিদিকে যে বায়ুমণ্ডল পৃথিবীকে বেষ্টন করিয়া আছে তাহা পৃথিবীর উপরিস্থ সমুদ্রের উপর প্রতি বর্গইঞ্চিতে ১৫ পাউণ্ড চাপ

উৎপন্ন কবে। পৃথিবীব উপরিভাগেব ক্ষেত্রফলেব উপব এই বায়ু-মণ্ডলেব মোট চাপের পবিমাণ ৬×১০^{১৫} টন অর্থাৎ পৃথিবীব ওজনেব প্রায ১০ লক্ষাংশ।

পৃথিবীব উপবিভাগে কত উর্ধ্বে এই বায়ুমণ্ডলেব বিস্তৃতি তাহা সহজে বলা যায না। যতই আমবা উপবে উঠিতে থাকিব বায়ু ততই হাল্কা হইযা আসিবে। পবীক্ষা কবিযা দেখা গিযাছে যে, প্রায ৬০০ মাইল দূব পর্যন্ত বায়ুব অস্তিত্ব বর্তমান। সূর্য হইতে নানারূপ বশ্মি আসিযা এই বায়ুস্তরে আঘাত কবে এবং তাহার ফলে আমবা নানাৰূপ বিকিবণের অস্তিত্ব অনুভব কবি। এইগুলিকে 'অবোবা' (auroras) বলে।

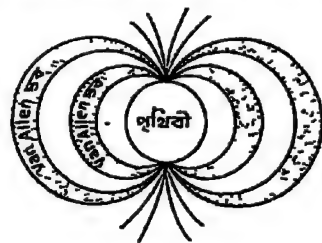
বাসাযনিক বিশ্লেষণেব সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের উপাদান নির্ণয কবা যায। পৃথিবীব সন্নিকটেব বায়ুতে শতকবা ৭৮ ভাগ নাইট্রোজেন, ২১ ভাগ অক্সিজেন, ১ ভাগে আবগন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, জলকণা এবং অন্যান্য গ্যাস বিদ্যমান। নাইট্রোজেন এবং আবগন গ্যাস দুইটি সাধাবণতঃ বাসাযনিক প্রক্রিযায অংশ গ্রহণ কবে না কিন্তু অক্সিজেন ব্যতিবেকে জীবনধাবণ সম্ভব নহে। প্রত্যেক প্রাণী অক্সিজেনেব সাহায্যে খাদ্য হইতে শক্তি (energy) সংগ্রহ কবে। ইহা ছাড়া সকল দহনকার্যে অক্সিজেনেব প্রয়োজন হয। আবাব যাবতীয গাছ পালা বায়ুমণ্ডল হইতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্রহণ কবে (ক্লোবোফিল নামক সবুজ পদার্থ তৈযাব কবিবাব জন্য) এবং অক্সিজেন ত্যাগ কবে। এই অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেনেব পবিমাণ বৃদ্ধি কবে। এইখানে উল্লেখযোগ্য যে, মঙ্গলগ্রহে বা অন্য কোন গ্রহে অক্সিজেনের অস্তিত্ব বক্ষা কবা যায নাই। অতএব আমাদেব পক্ষে এই সমস্ত গ্রহে অক্সিজেন ব্যতিরেকে অবতবণ কবা অসম্ভব।

আমবা যতই উপবে উঠিতে থাকিব ততই বায়ু হাল্কা হইবা আসিবে। প্রকৃতপক্ষে বায়ুমণ্ডলেব অর্ধেকাংশ পৃথিবীর উপবিভাগে ৩½ মাইলেব মধ্যে আবদ্ধ হইযাছে। ইহা মাধ্যাকর্ষণেব ফল। বায়ুমণ্ডলেব নিম্নাংশে সর্বপ্রকাব আবহাওযাব তাবতম্য ঘটিযা থাকে। এই অংশকে

ট্রপোস্ফিয়ার (Troposphere) বলে। ইহা প্রায ৫ হইতে ১০ মাইলের মধ্যে সীমাবদ্ধ। ইহার উপরে অর্থাৎ ১০ হইতে ৫০ মাইল পর্যন্ত বিস্তৃতিকে স্ট্রাটোস্ফিয়ার (Stratosphere) বলে। এই অঞ্চলের তাপ মোটামুটি একইরূপ থাকে (−২৮° F)। ইহার পর ২৫ হইতে ৪০ মাইল পর্যন্ত তাপমাত্রা কিছুটা বেশী। এই ঈষদোষ্ণ তাপমাত্রার কারণ এই যে, উক্ত অঞ্চলে 'ওজোন' (ozone) গ্যাস পাওয়া যায। ইহার প্রতি 'অণু'তে (molecule) তিনটি 'পরমাণু' (atom) আছে এবং 'ওজোন' গ্যাস 'আলট্রা ভায়লেট' রশ্মি গ্রহণ করিয়া গরম হইয়া উঠে। এইরূপে এই গ্যাসটি সূর্য হইতে আগত ক্ষতিকর রশ্মিটিকে ভূ-পৃষ্ঠে আসিতে বাধা দেয। প্রায ৬০০ মাইলের উর্ধ্বে বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া এমন অবস্থার সৃষ্টি হয যে, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসের অণুগুলি ভাঙ্গিয়া স্বাধীন পরমাণুর অবস্থায আসে এবং সূর্যালোক হইতে নিক্ষিপ্ত নানাপ্রকার 'রশ্মি' এবং বৈদ্যুতিক 'কণা'র (particle) সংঘর্ষে আসিয়া 'আয়নে' (ion) পরিণত হয। এই অঞ্চলকে 'আয়নস্ফিয়ার' (ionosphere) বলে। এই অঞ্চলেই 'অরোরা' পরিলক্ষিত হয।

৩.৪. পৃথিবী একটি চুম্বক (Earth is a Magnet)

একটি 'বার-ম্যাগনেট' (Bar-magnet)-এর মত পৃথিবীর চুম্বক শক্তি (magnetic field) আছে। চুম্বকের যেমন উত্তর এবং দক্ষিণ 'পোল' (North & South poles) আছে, পৃথিবীর ঐরূপ 'পোল' আছে। চুম্বক হিসাবে ইহার উত্তর 'পোল' ভৌগোলিক 'সুমেরু বিন্দু' হইতে ১২০০ মাইল পশ্চিম দিকে (উত্তর-পূর্ব কানাডায) অবস্থিত। এই 'পোল'দ্বয়ের অবস্থান পরিবর্তনশীল। চুম্বক হিসাবে ইহার শক্তি নগণ্য (weak field strength)। পৃথিবী কেন চুম্বকের মত ব্যবহার করে তাহা এখনও অজ্ঞাত। হয়ত পৃথিবীর আহ্নিক গতির (Dieurnal motion) ফলে ইহার অভ্যন্তরস্থ বৈদ্যুতিকপদার্থগুলি 'কারেন্ট' (current) বা বৈদ্যুতিক 'স্রোতের' সৃষ্টি করে এবং ফলে এই চুম্বকের শক্তি পরিলক্ষিত হয।

আধুনিককালে আমেরিকা এবং সোভিয়েট রকেটের সাহায্যে পৃথিবীর চুম্বক শক্তির পরিমাপ করা হইয়াছে। এই সমস্ত রকেটে ম্যাগনেটোমিটার (Magnetometer) স্থাপন করা হইয়াছিল। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে বিভিন্ন উচ্চতায় চুম্বক-শক্তির পরিমাণ নির্ধারণ করায় দেখা গিয়াছে যে, অধিক উচ্চতায় এই শক্তি অত্যন্ত দ্রুত গতিতে হ্রাস পাইয়া থাকে এবং একই স্থানে সময়ের উপর ইহা নির্ভর করে। ১৯৫৮ সালের জানুয়ারী মাসে রকেট 'Explorer-I'-এর সাহায্যে বৈজ্ঞানিক Van Allen আবিষ্কার করেন যে, বায়ুমণ্ডলে পৃথিবীকে বেষ্টন করিয়া ২০০০ মাইল এবং ১০,০০০ মাইল ঊর্ধ্বে দুইটি স্তরের বৈদ্যুতিক কণাগুলি অতিশয় শক্তিসম্পন্ন (high energy) এবং এই কণাগুলি পৃথিবীর চুম্বক-শক্তি দ্বারা প্রভাবান্বিত হইয়া এই দুইটি স্তরে আবদ্ধ হইয়া আছে। এই স্তরগুলিকে 'Van Allen স্তর' বলা হয়। (১৭ নং চিত্র দেখুন)।

১৭ নং চিত্র

৩.৫ পৃথিবীর আহ্নিক গতি (Rotation of the Earth)

যদিও নিউটন, গ্যালিলিও, কেপলার, কপারনিকাস নানাভাবে প্রমাণ করিয়াছিলেন যে, পৃথিবী আপন মেরুদণ্ডের (axis) উপর অনবরত ঘুরিতেছে, তবুও ১৮৫০ খ্রীস্টাব্দের পূর্বে পৃথিবীর আবর্তনের সহজ প্রমাণ পাওয়া যায় নাই।

ফুকো (Foucault) এবং তাঁহার দোলক: ১৮৫১ খ্রীস্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক ফুকো, ২০০ ফুট লম্বা একটি তার হইতে ৬০ পাউণ্ড ওজনের একটি দোলক ঝুলাইয়া দিলেন। অতি সাবধানে তিনি দোলকের বলকে একটি সূতার সাহায্যে এক পার্শ্বে লইয়া সূতা পোড়াইয়া দিলেন। তখন দোলকটি চলিতে আরম্ভ করিল। দোলকের তলায় রক্ষিত বালির উপর দাগ কাটিবার জন্য বলটির তলায় একটি সূঁচ লাগানো হইয়াছিল

এবং বাহিরের বাতাসের স্রোত কোন বাধা সৃষ্টি যেন না করিতে পারে সেইজন্য যথেষ্ট সতর্কতা অবলম্বন করা হইয়াছিল। এই পরীক্ষায় দেখা গেল যে, প্রতি দোলনের পরই বালির উপরে অঙ্কিত দাগগুলি বিভিন্ন। ইহার অর্থ এই যে, যে-তলে দোলকটি দুলিতেছিল সেই তলটি ক্রমাগত ঘুরিতেছে। পৃথিবীর আবর্তন ব্যতিরেকে এই ঘটনা সম্ভব নহে।

পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ ছাড়া অন্য কোন বহিঃশক্তি দ্বারা দোলকটি প্রভাবান্বিত হইতেছে না। সুতরাং, যদি পৃথিবী আবর্তন না করিত তাহা হইলে যে-তলে দোলকটি দুলিতেছে সেই তলটি একই অবস্থায় থাকিত এবং দোলকটি একইভাবে দুলিতে থাকিত। যেহেতু দোলকটির গতি দিক পরিবর্তন করে, অতএব পৃথিবী নিশ্চয়ই আবর্তন করিতেছে।

ফুকোর দোলক লইয়া যদি সুমেরুতে পরীক্ষা করা হয় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, দোলকের তল সারা দিন-রাত্রিতে সম্পূর্ণভাবে একবার ঘুরিয়া আসিবে। অন্য স্থানে দোলকটির তল সেই গতিতে আবর্তন করিবে, যে গতিতে ঐ স্থানে পৃথিবী আবর্তন করিতেছে। আমরা যদি সুমেরু বিন্দুতে উপর হইতে পৃথিবীর দিকে তাকাই তাহা হইলে পৃথিবীকে ফনোগ্রাফ রেকর্ডের মত ঘুরিতে দেখিব। আবার যদি বিষুব রেখার উপর কোন স্থানে আমরা দোলকটি পরীক্ষা করি তাহা হইলে দেখিব যে, ইহার তল কোনরূপ দিক পরিবর্তন করিতেছে না। ইহার কারণ, বিষুব রেখার উপর যে-কোন স্থানে উপর হইতে পৃথিবীর আবর্তন লক্ষ্য করিলে আমরা শুধু ইহার পূর্ব-পশ্চিম দিকের সোজা গতি (Translational motion) দেখিতে পাইব। যে-কোন অক্ষাংশে ফুকোর দোলকের পিরিয়ড নিম্নরূপে নির্ণয় করা যায়।

মনে করুন, পৃথিবীর কৌণিকগতি $=\omega$, কৌণিকগতি $\equiv$ angular velocity।

মনে করুন, কোন স্থানের অক্ষাংশ $=\phi$

ঐ অক্ষাংশে কৌণিক গতির (ব্যাসার্ধের দিকে) পরিমাণ

$$=\omega \sin \phi$$

এই ব্যাসার্ধের চতুর্দিকে একবার ঘুরিয়া আসিতে দোলকের তলের মোট সময় লাগিবে $\frac{৩৬০^\circ}{\omega \sin \phi}$

যেহেতু, $\omega = \frac{৩৬০}{২৩ \text{ ঘ. } ৫৬ \text{ মি.}}$

অতএব, 'ϕ'-অক্ষাংশের কোন স্থানে ফুকোর দোলকের পিরিয়ড P হইবে।

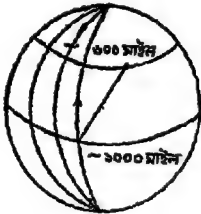
$$P = \frac{২৩ \text{ ঘ } ৫৬ \text{ মি}}{\sin \phi}$$

এইখানে মনে রাখিতে হইবে যে, পৃথিবীর আবর্তনের ফলে দোলকের অবলম্বন (support) এবং বলটিও ঘুরিতে থাকিবে। কিন্তু ইহা দোলকের 'দোলন' (swing)-কে কোনরূপে বাধা দিবে না।

আমরা এই শেষোক্ত মন্তব্যকে সহজেই পরীক্ষা দ্বারা স্থির করিতে পারি। যে কোন একটা ছোট বলের সহিত সুতা বাঁধিয়া আমরা যদি হাত হইতে ঝুলাইয়া উহাকে দোলাইতে থাকি এবং সেই সঙ্গে সুতাটিকে পাকাইতে (twist) থাকি তাহা হইলে দেখিব যে, অবলম্বিত বলটিও ঘুরিতেছে, কিন্তু উহার 'দোলন' অব্যাহত আছে।

৩.৬ 'করিওলিসের' ফল (Coriolis effect)

ফুকোর দোলকের তলের আপাত-আবর্তন হইতে আমরা পৃথিবীর আবর্তনের পরিচয় পাইয়াছি। শুধু দোলক নহে, যে-কোন গতিশীল বস্তুর উপর পৃথিবীর আবর্তন প্রতিফলিত হয়। এই আবর্তনজনিত প্রতিফলিত ফলকে আমরা 'করিওলিসের' ফল বলি। যে-কোন বস্তুকে উত্তর গোলার্ধের যে-কোন স্থান হইতে ছুঁড়িয়া দিলে দেখা যাইবে যে, ইহার গতি ডান দিকে একটু সরিয়া গিয়াছে। মনে করুন, বিষুব-রেখার কোন স্থান হইতে একটি ঢিলকে সোজা উপর দিকে ছুঁড়িয়া দেওয়া হইল (projective)। গতির প্রথম মুহূর্ত হইতে ঢিলটির পূর্ব দিকে একটি গতি (পৃথিবীর আবর্তনজনিত) থাকিবে। এই গতির পরিমাণ ঘণ্টায় প্রায় ১০০০ মাইল। ঢিলটির উপর সর্বক্ষণ মাধ্যাকর্ষণের প্রভাব

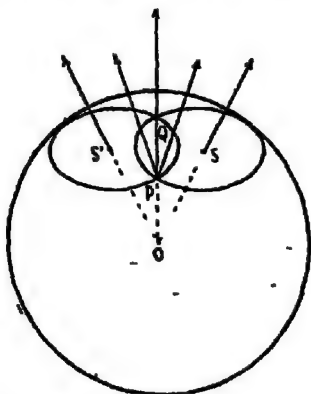
বিরাজ করিতেছে। টিলটি উত্তর দিকে চলিবার সময় ইহার পূর্ব গতি সর্বদাই ১000 মাইল/ঘণ্টা স্থির থাকিবে। কিন্তু বিষুব রেখার উত্তরে যে-কোন স্থানের পূর্ব দিককার গতি ঘণ্টায় ১000 মাইল অপেক্ষা কিছু কম। অতএব ফল হইবে এই যে, টিলটি যখন পৃথিবীতে ফিরিয়া আসিবে তখন প্রথম স্থান হইতে সোজা উত্তরে না হইয়া, কিছুটা উত্তর-পূর্ব স্থানে আসিয়া পড়িবে। কোন 'মিসাইল' (Missiles) ছুঁড়িবার সময় 'টারগেট' (লক্ষ্যস্থল) সোজা না ছুঁড়িয়া কিছুটা উত্তর পশ্চিম কোণে ছুঁড়িতে হইবে।

১৮ নং চিত্র
'করিওলিস ফল'

৩.৭ সমুদ্রবক্ষে এবং আকাশে নেভিগেশন (Navigation)

ভূ-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানে, বিশেষ করিয়া সমুদ্রবক্ষে জাহাজের নাবিকেরা তাঁহাদের জাহাজের অবস্থান নির্ণয় করিতে আকাশে নক্ষত্রের অবস্থানাদির সাহায্য লইয়া থাকেন। সূর্য, চন্দ্র, গ্রহ এবং উজ্জ্বল নক্ষত্র কয়েকটির স্থানাঙ্ক ফল (Celestial co-ordinates) পূর্ব হইতেই 'নটিক্যাল অ্যালমানাক' (Nautical Almanac) নামক পত্রিকায় প্রকাশিত হয়। সমুদ্রবক্ষে জাহাজের নাবিক, তিনি কোথায় আছেন তাহা নির্ণয় করিবার জন্য প্রথমে দুইটি পরিচিত নক্ষত্রের বা জ্যোতিষ্কের উচ্চতা, সেক্‌স্‌ট্যান্ট নামক যন্ত্রের সাহায্য স্থির করেন। তারপর 'অ্যালমানাক' হইতে ঐ সময়ে (গ্রীনউইচ সময়) উহাদের স্থানাঙ্কের বর্ণনা গ্রহণ করেন। প্রত্যেক জাহাজে বা এরোপ্লেনে Chronometer-এর সাহায্য গ্রীনউইচের সময় নির্ণয় করা হয়। এখন যে-কোন একটি উজ্জ্বল জ্যোতিষ্কের দিকে লক্ষ্য করুন ঐ মুহূর্তে ঐ জ্যোতিষ্কটি পৃথিবীর কোন্ স্থানের জেনিথে বিরাজ করিতেছে তাহা নির্ণয় করা যায়। পর-পৃষ্ঠায় ১৯নং চিত্রে মনে করুন P বিন্দুটি নাবিকের অবস্থান (ভূ-পৃষ্ঠে) এবং যে-কোন দুইটি পরিচিত জ্যোতিষ্ক ভূ-পৃষ্ঠে S এবং S′ স্থানের জেনিথে অবস্থিত আছে। জ্যোতিষ্কগুলি বহুদূরে

থাকায় পৃথিবীর সর্বত্র উহাদের আলো সমান্তরালভাবে পতিত হইবে। এখন নাবিকের জেনিথ এবং প্রথম জ্যোতিষ্কের মধ্যে যে-কৌণিক ব্যবধান, উহা পৃথিবীর কেন্দ্র O হইতে P পর্যন্ত অঙ্কিত ব্যাসার্ধ এবং O হইতে S পর্যন্ত অঙ্কিত ব্যাসার্ধের মধ্যে কৌণিক ব্যবধানের সমান হইবে। মনে করুন P বিন্দুতে জেনিথ এবং প্রথম জ্যোতিষ্কের কৌণিক ব্যবধান α অর্থাৎ OP এবং OS-এর কৌণিক ব্যবধান α এবং সেইরূপ OP এবং OS´ এর কৌণিক ব্যবধান β S এবং S´ বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া যথাক্রমে α এবং β ব্যাসার্ধ লইয়া ভূ-পৃষ্ঠে দুইটি বৃত্ত অঙ্কিত করিলে উহারা P বিন্দুর মধ্য দিয়া যাইবে।

সাধারণতঃ বৃত্ত দুইটি অপর একটি বিন্দুতে Q তে ছেদ করিবে। P এবং Q বিন্দুদ্বয়ের মধ্যে কোন্ স্থানে নাবিকের অবস্থান তাহা সহজেই অনুমান করা যায়। এমন হইতে পারে যে, Q বিন্দুটি অন্য কোন সমুদ্রে অবস্থিত।

১১ নং চিত্র

৩৮. পৃথিবীর বার্ষিক গতি (Revolution of the Earth)

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, পৃথিবীর বার্ষিক গতির ফলে সূর্যকে আমরা আকাশে অন্যান্য নক্ষত্রপুঞ্জের মধ্যে বিচরণ করিতে দেখি। সূর্যের এই ক্রমশঃ পূর্ব-গতি যে-পথের উপর দিয়া ঘটিয়া থাকে সেই পথকে আমরা এক্লিপ্‌টিক বা কক্ষ-পথ বলি। সূর্যের এই আপাত গতি প্রকৃতপক্ষে যে পৃথিবীর বার্ষিক গতির ফলেই সংঘটিত হয় তাহা আমরা নিম্ন উপায়ে প্রমাণ করিতে পারি।

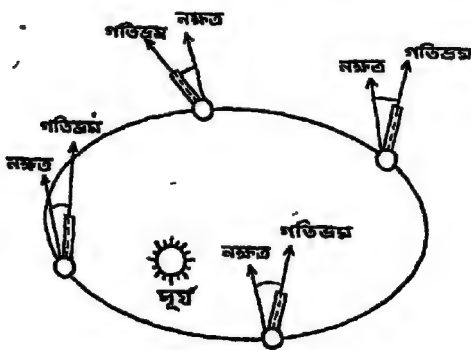
পৃথিবীর বার্ষিক গতির প্রমাণঃ প্রথমতঃ আমরা যদি নিউটনের নিয়ম মানিয়া লই তাহা হইলে সহজেই প্রমাণ করা যায় যে, পৃথিবী

সূর্যের চতুর্দিকে ঘুরিতেছে। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, সূর্য পৃথিবী অপেক্ষা ৩৩০,০০০ গুণ বেশী ভারী। অতএব পৃথিবী এবং সূর্যের ভরকেন্দ্র (Center of mass), সূর্য কেন্দ্র হইতে ১/৩৩০০০০ × (সূর্য-পৃথিবী দূরত্ব) অপেক্ষাও কম। অতএব এই ভরকেন্দ্রটি সূর্যের মধ্যেই অবস্থিত। সুতরাং সূর্যের পক্ষে পৃথিবীর চতুর্দিকে ঘুরিয়া আসা সম্ভব নহে।

দ্বিতীয়তঃ, পৃথিবী হইতে নিকটবর্তী নক্ষত্রগুলির 'প্যারালাক্স' (Parallax) লক্ষ্য করা যায়। একই স্থানে বিভিন্ন সময়ে আমরা কোন নক্ষত্রের দিকে লক্ষ্য রাখিলে আমরা নক্ষত্রের দিক (direction)-এর পরিবর্তন লক্ষ্য করি। পৃথিবী আপন স্থান পরিবর্তন করে বলিয়াই এই 'প্যারালাক্স' লক্ষ্য করা সম্ভব হয়। ঊনবিংশ শতাব্দীতে Bessel সর্বপ্রথম ৬১ 'সিগ্‌নী' (Cygni) নামক নক্ষত্রের 'প্যারালাক্স' আবিষ্কার করেন।

তৃতীয়তঃ, নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে যে আলো আসে আমরা সেই আলোর 'গতিভ্রম' (aberration) লক্ষ্য করি। মনে করুন এক ব্যক্তি একটি নল (পাইপ) সোজা করিয়া ধরিয়া বৃষ্টির মধ্যে হাঁটিয়া যাইতেছে। যদি বৃষ্টি সোজাভাবে পড়িতে থাকে এবং নলটিকে খাড়া করিয়া ধরা হয় তাহা হইলে বৃষ্টি নলের দৈর্ঘ্য বহিয়া পড়িতে থাকিবে তখনই যখন ব্যক্তিটি চুপ করিয়া দাঁড়াইয়া থাকে। কিন্তু যদি ব্যক্তিটি হাঁটিতে থাকে তাহা হইলে নলটিকে সামনের দিকে একটু হেলাইয়া ধরিতে হইবে যেন বৃষ্টি নলটির দৈর্ঘ্য বহিয়া নীচে নামিতে পারে।

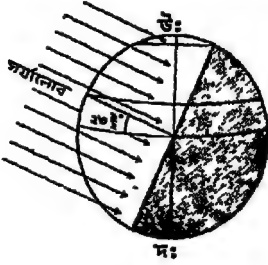
সেইরূপ পৃথিবীর বার্ষিক গতির জন্য, যদি নক্ষত্র হইতে আগত আলোকে টেলিস্কোপের দৈর্ঘ্য বহিয়া আসিতে হয় তাহা হইলে টেলিস্কোপটিকে পৃথিবীর গতিমুখে একটু হেলাইয়া ধরিতে হইবে। ১৭২৭ খ্রীস্টাব্দে Bradly সর্বপ্রথম নক্ষত্রের এই 'গতিভ্রম' (aberration) আবিষ্কার করেন। যখন পৃথিবী নক্ষত্রের দিক হইতে লম্বভাবে চলিতে থাকে তখন এই গতিভ্রমের পরিমাণ সর্বচেয়ে অধিক এবং যখন পৃথিবী নক্ষত্রের দিকে অথবা নক্ষত্র হইতে বিপরীত দিকে চলিতে থাকে তখন কোনই 'গতিভ্রম' দেখা যায় না। 'এক্লিপ্‌টিকের' সমতলে যে

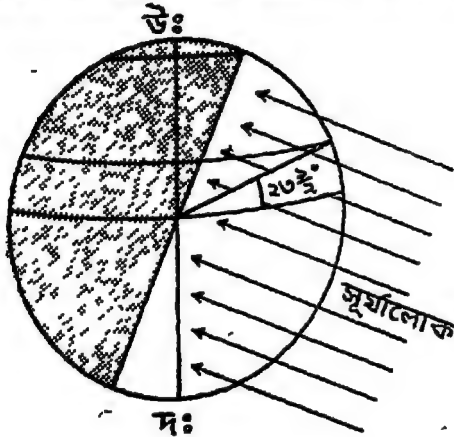
নক্ষত্র দেখা যায সেই নক্ষত্রকে সমতলে সামনে কিংবা পিছনে সবলরেখায স্থান পবিবর্তন কবিতে দেখা যায; কাবণ বৎসবেব কোন সময়ে পৃথিবী ইহাব দিকে এবং অপর সময়ে ইহার বিপরীত দিকে ভ্রমণ কবে। যে নক্ষত্র এক্লিপ্‌টিকেব উপর লম্বভাবে বিদ্যমান, সেই নক্ষত্রকে একটি বৃত্তাকাবে চলিতে দেখা যায। এই দুইটি অবস্থা ব্যতীত অন্য অবস্থানেব নক্ষত্রগুলি উপবৃত্তাকাবে (Ellipse) চলিতে দেখা যাইবে (২০ নং চিত্র দেখুন)।

২০ নং চিত্র

নক্ষত্রেব জ্যামিতিক দিক (প্রকৃত দিক) এবং যে-দিকে টেলিস্কোপকে ধবিতে হইবে এই দুইটি দিকেব কৌণিক ব্যবধানেব পবিমাণ নক্ষত্রেব গতিভ্রম নির্দিষ্ট কবে।

৩৯ 'ষড় ঋতু' (The Season)

সূর্যেব চতুর্দিকে একটি উপবৃত্তাকাবে পৃথিবী ঘুরিতেছে। ফলে পৃথিবী-হইতে সূর্যেব দূবত্ব সব সময একইরূপ থাকে না। কিন্তু এই জন্যই যে পৃথিবীব একই স্থানে 'ঋতু' পরিবর্তন হয তাহা নহে। 'ঋতু' পরিবর্তনেব প্রধান কাবণ এই যে, পৃথিবীব বিষুব বেখাব তল এবং পৃথিবীব কক্ষপথেব তলেব কৌণিক ব্যবধান-২৩½°।' ইহাব ফলে পৃথিবীব উত্তব গোলার্ধ জুন মাসে সূর্যেব দিকে এবং ডিসেম্বর মাসে সূর্যেব বিপবীত দিকে হেলিযা থাকে। ২২শে জুন (Summer

solistice) সূর্য বিষুবরেখা হইতে ২৩½° উত্তরে উদয় হয় এবং এই অক্ষাংশের সকল স্থানের জেনিথে থাকে। এই দিন সূর্যালোক সুমেরু-বিন্দুর উভয় পার্শ্বে আলোকিত করে (২১ নং চিত্র দেখুন)।

২১ নং চিত্র

প্রকৃতপক্ষে সুমেরুবিন্দুর উভয় পার্শ্বে ২৩½° স্থান পর্যন্ত অর্থাৎ ৬৬½° অক্ষাংশ অপেক্ষা অধিক অক্ষাংশের-স্থানসমূহ ২২শে জুন তারিখে ২৪ ঘণ্টা সূর্যালোক পাইয়া থাকে। ৬৬½° অক্ষাংশ বিশিষ্ট স্থানসমূহ পর্যন্ত ঐদিন সূর্য অস্ত যাইবে না (মধ্য রাত্রির সূর্য), ৬৬½° ডিগ্রী অপেক্ষা বৃহত্তর অক্ষাংশের স্থানসমূহ আর্কটিক্ বৃত্তের অন্তর্গত। অপরপক্ষে সূর্যরশ্মি অত্যন্ত তির্যকভাবে (obliquely) দক্ষিণ গোলার্ধে পতিত হয়। এমন কি ৬৬½° দক্ষিণ অক্ষাংশ হইতে কুমেরু পর্যন্ত অংশ ঐ দিন সূর্যালোক হইতে বঞ্চিত হয়। আবার ৬ মাস পরে অবস্থা সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হইয়া যায়। ২২শে ডিসেম্বর তারিখে (winter solistice) সূর্য ২৩½° দক্ষিণ

২২ নং চিত্র

অক্ষাংশের স্থানসমূহের উপর খাড়াভাবে কিরণ দেয় এবং ঐ দিন উত্তর গোলার্ধের সুমেরু হইতে ২৩½° স্থান পর্যন্ত সূর্যালোক দেখা যায় না (২২ নং চিত্র দেখুন)। এই সময় দক্ষিণ গোলার্ধে গ্রীষ্মকাল এবং উত্তর গোলার্ধে শীতকাল থাকে।

আবার, ২১শে মার্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্য মহাবিষুবরেখার উপর আসে এবং ঐ দুইদিন পৃথিবীর সর্বত্র ১২ ঘন্টা দিন এবং ১২ ঘন্টা রাত্রি ঘটিয়া থাকে। যে দুইটি বিন্দুতে সূর্য মহাকাশ বা মহাগোলকের উপর দেখা যায় এই দুইটি বিন্দুকে যথাক্রমে 'ভারনাল একুইনক্স' বা 'বসন্তকালীন সমরাত্রি' এবং 'অটামনাল একুইনক্স' (শারদীয় সমরাত্রি) বলে।

২৩ নং চিত্রে কোনও এক স্থানের আকাশে সূর্যের] উদয়াস্ত দেখানো হইয়াছে। বসন্তকালে এবং গ্রীষ্মকালে সূর্য বিষুবরেখার উত্তরে অবস্থান করে এবং ১২ ঘন্টার অধিক সময় আকাশে দেখা যায়। এবং এই সময় সূর্যের উন্নতি অধিকতর (high altitude) হওয়ায় সূর্যকিরণ সোজাভাবে এই সমস্ত স্থানের ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয় এবং ইহার উত্তাপও অধিক হইয়া থাকে। কিন্তু শীতকাল এবং শরৎকালে সূর্যের উন্নতি অপেক্ষাকৃত কম হওয়ায় সূর্যকিরণ তির্যকভাবে পতিত হয় এবং ভূ-পৃষ্ঠ অপেক্ষাকৃত কম উত্তপ্ত হইয়া থাকে।

২২শে ডিসেম্বর ২২শে জুন

২৩ নং চিত্র

বিভিন্ন অক্ষাংশে ঋতুর রূপ : বিষুবরেখার উপর স্থানসমূহে সকল ঋতুই প্রায় সমান। প্রত্যহ সূর্য ১২ ঘন্টা আকাশে দেখা যায়। অর্থাৎ দিবা-রাত্র সর্বদাই সমান। ২২শে জুন সূর্য জেনিথ অপেক্ষা ২৩½° উত্তরে আকাশে মেরিডিয়ান অতিক্রম করে এবং ২২শে ডিসেম্বর জেনিথ অপেক্ষা ২৩½° দক্ষিণে মেরিডিয়ান অতিক্রম করে।

বিষুবরেখা হইতে যতই উত্তরে বা দক্ষিণে যাওয়া যায় ততই ঋতু পরিবর্তন বিশেষভাবে লক্ষ্য করা যায়। কর্কটক্রান্তিতে (tropic of cancer) ২২শে জুন তারিখে সূর্য দ্বিপ্রহরে জেনিথে দেখা যায় এবং ২২শে ডিসেম্বর তারিখে জেনিথের ৪৭° ডিগ্রী দক্ষিণে মেরিডিয়ান অতিক্রম করে। আর্কটিক

বৃত্তে গ্রীষ্মের প্রথম দিনে সূর্য অস্ত যায় না, কিন্তু মধ্যরাত্রিতে উত্তর বিন্দুতে স্পর্শ করিয়া যায়। ২২শে ডিসেম্বর সূর্যোদয় হয় না কিন্তু দ্বিপ্রহরে দক্ষিণ বিন্দুকে স্পর্শ করিয়া যায়। কর্কটক্রান্তি হইতে আর্কটিক্ বৃত্ত পর্যন্ত স্থানসমূহে (২৩$\frac{1}{2}$°—৬৬$\frac{1}{2}$°) দিবা-রাত্রির দৈর্ঘ্যের উপরোক্ত সীমার মধ্যে পরিবর্তন ঘটিয়া থাকে।

আমরা জানি যে, সুমেরু বিন্দুতে বিষুবরেখার উত্তরের যাবতীয় গ্রহ-নক্ষত্রাদি সর্বদাই দিগন্তরেখার উপর দেখা যায় এবং উহারা বৃত্তাকারে দিগন্ত রেখার (=বিষুবরেখা) সমান্তরালে ঘুরিতে থাকে। ২১শে মার্চ হইতে ২৩শে সেপ্টেম্বর পর্যন্ত সূর্য বিষুবরেখার উত্তরে উদয় হয়। অতএব এই ৬ মাস কাল সুমেরুতে বরাবর দিন হইতে থাকিবে। ২২শে জুন সূর্যের উন্নতি ২৩$\frac{1}{2}$°। ২১শে মার্চ সর্বপ্রথম সূর্যোদয় হয়। ঐ দিন সূর্য দিগন্ত-রেখার উপর থাকে। তারপর দিন দিন উপরে উঠিতে উঠিতে ২২শে জুনে সর্বাপেক্ষা অধিক উন্নতিতে আসে। আবার ২২শে জুনের পর ক্রমশঃ ইহার উন্নতি ক্ষয় পাইয়া ২৩শে সেপ্টেম্বর পুনরায় দিগন্ত-রেখায় ফিরিয়া আসে। ইহার পর আর ৬ মাস সূর্যোদয় হয় না। উত্তর গোলার্ধের কোনও স্থানে গৃহ নির্মাণ করিবার সময় গৃহের সম্মুখভাগ দক্ষিণ দিকে রাখিবার সুবিধা এই যে, বৎসরের অধিকাংশ সময় সূর্য দক্ষিণ দিকে হেলিয়া উঠে।

গোধূলী (Twilight): আমরা জানি যে, সূর্যাস্তের সঙ্গে সঙ্গেই আকাশ অন্ধকার হয় না। দৃশ্যতঃ সূর্যাস্তের পরও বায়ুমণ্ডলের উপরি-ভাগ সূর্যরশ্মিকে কিছুক্ষণ ধরিয়া রাখিতে সক্ষম হয় এবং আকাশ আলোকিত করে। বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত গ্যাস যতটুকু ঘনীভূত হইয়া আছে তাহার ফলে সূর্য প্রায় ১৮° ডিগ্রী দিগন্তের নীচে যাওয়া পর্যন্ত সূর্যরশ্মি বিকীর্ণ হইতে সক্ষম হয়। বিষুবরেখায় অবস্থিত স্থানসমূহে সূর্য সোজাভাবে উদয় হয় এবং অস্ত যায়। ফলে এই সমস্ত স্থানে গোধূলির (twilight) সময় প্রায় ১ ঘণ্টাকাল বিদ্যমান থাকে। কিন্তু উত্তর এবং দক্ষিণ অক্ষাংশের স্থানসমূহে সূর্য উদয়াস্তের সময় কিছুটা হেলিয়া

থাকে। ইহাব ফলে দিগন্তেব নীচে ১৮° পবিমাণ অস্ত যাইতে সূর্যেব বেশী সময দবকাব হয এবং সেইজন্য গোধূলিব সময বৃদ্ধি পায। উত্তব মেরুতে শীতকালে সূর্যোদযেব পূর্বে এবং সূর্যাস্তের পবে প্রায ৬ সপ্তাহ গোধূলিব আধো আলো আধো ছাযা দেখা যায।

৩.১০. পৃথিবীর নানা গতি

পৃথিবীব আহ্নিক গতি এবং বার্ষিক গতি ছাডাও অন্যান্য গতি পবিলক্ষিত হয। নিম্নে আমরা পৃথিবীব বিভিন্ন গতিব উল্লেখ কবিতেছি। পবে আমবা এই সমস্ত গতিব বিশদ বর্ণনা দিব।

১। পৃথিবীব আহ্নিক গতি আছে।

২। পৃথিবীব অক্ষবেখা (axis) অতিশয ধীবে দিক পবিবর্তন কবে।

৩। পৃথিবীব বার্ষিক গতি আছে।

৪। পৃথিবীব উপরিস্থ কোনও স্থানেব অক্ষাংশেব বহু বৎসবে কিঞ্চিৎ পবিবর্তন হয।

৫। চন্দ্রেব কক্ষপথ পৃথিবীব কক্ষপথেব সঙ্গে আংশিক কোণে হেলিযা আছে বলিযা পৃথিবীব অক্ষবেখাব কিছু দিক পরিবর্তন ঘটে।

৬। পৃথিবী সৌব জগতেব সঙ্গে নিকটবর্তী নক্ষত্রেব তুলনায স্থান পবিবর্তন কবে।

এইরূপ নানা প্রকাব গতিব ফলে মানুষেব মনে স্বভাবতঃই প্রশ্ন জাগে কি উপাযে পৃথিবীব প্রকৃত গতি নির্ণয কবা সম্ভব। Michelson এবং Morley নামক দুইজন বৈজ্ঞানিক পৃথিবীব এই গতি নির্ণয় কবিতে যাইযা অক্ষম হন এবং ইহাব ফলে Einstein-এব আপেক্ষিক তত্ত্বেব আবির্ভাব হয। এই আপেক্ষিক তত্ত্বেব মূল বিষয এই যে, কোনও পদার্থেব প্রকৃত গতি নির্ণয সম্ভব নহে।

প্রশ্নমালা—৩

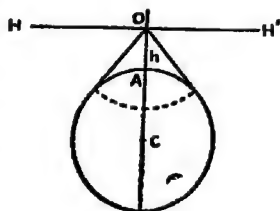
১। সূর্যের ব্যাস ৮,৬৪,০০০ মাইল হইলে উহার উপবিভাগে প্রতি ডিগ্রীতে কত মাইল দূরত্ব হইবে?

২। পৃথিবীর পরিমাণ (mass) নির্ণয় এবং মাধ্যাকর্ষণের ধ্রুব সংখ্যা G নির্ণয় একই কথা কেন?

৩। সুমেরু (north pole) এবং কুমেরু (south pole) বিন্দুদ্বয়ের অক্ষাংশ কত? সুমেরু এবং বিষুবরেখার মধ্যবর্তী স্থানের অক্ষাংশ কত?

৪। ফুকোর দোলকের সুমেরু এবং কুমেরু বিন্দুতে কি কি বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায়—তাহা বর্ণনা করুন।

৫। দৃশ্যমান দিগন্তবলয় (visible horizon)।

যদি একজন দর্শক ভূ-পৃষ্ঠে দাঁড়াইয়া পর্যবেক্ষণ করেন তাহা হইলে তিনি কতদূর পর্যন্ত দেখিতে পাইবেন তাহা সহজেই নির্ণয় করা যায়। মনে করুন OA একজন দর্শক। OT এবং OT′ দুইটি স্পর্শক তাহার দৃষ্টির সীমা নির্দেশ করিবে।

২৪ নং চিত্র

জ্যামিতি হইতে আমরা পাই যে $BO.OA=OT^2$

যদি $OA=h$, $OT=d$, $CA=r$ হয় তাহা হইলে $(2r+h)h=d^2$

অথবা $h=r\mp\sqrt{r^2+d^2}$

$$=-r\mp r\left\{1+\frac{d^2}{r^2}\right\}^{\frac{1}{2}}$$

$\therefore\ h=\frac{d^2}{2r}$ আসন্ন মান লইয়া

অথবা, $d=\sqrt{2rh}$

যদি $r=$৩৪৪২ মাইল ধরা হয় (নটিক্যাল মাইল) এবং h ফুটে মাপা যায় তাহা হইলে,

$$d=১\cdot০৬৪\sqrt{h}.$$ নটিক্যাল মাইল।

চতুর্থ অধ্যায়

সময় এবং পঞ্জিকা

(Time and Calendar)

অতি পুরাতন কাল হইতেই মানুষ জ্যোতিষ-বিদ্যার সাহায্যে সময় এবং পঞ্জিকার ব্যবহার করিয়া আসিতেছে।

৪·১· সময় গণনা

পৃথিবীর আবর্তনের উপর নির্ভর করিয়া সময় গণনা করা হয়। যখন পৃথিবী আপন মেরুদণ্ডের উপর ঘুরিতে থাকে তখন কোনও নির্দিষ্ট স্থানের আকাশে কোনও বিশিষ্ট নক্ষত্র (এখানে সূর্য) মধ্যাহ্ন রেখা বা মেরিডিয়ান পর পর অতিক্রম করিতে যে সময় দরকার হয় সেই সময়কে আমরা দিন (day) বলি। প্রতি দিনকে আমরা ২৪ ভাগে ভাগ করিয়া থাকি এবং প্রত্যেক ভাগকে একটি ঘণ্টা বলি।

(ক) কৌণিক কাল (Hour Angle)

একটি নির্দিষ্ট নক্ষত্র যখন মেরিডিয়ান অতিক্রম করে তখন হইতেই সময় গণনা করা হয় এবং কোন নির্দিষ্ট সময়ে নক্ষত্রটির কৌণিক কাল (Hour angle)-এর পরিমাণই মধ্যাহ্ন হইতে সময় নির্ধারণ করেন। মনে করুন 'রিগেল' নক্ষত্র যখন মেরিডিয়ান অতিক্রম করে সেই মুহূর্তে ০ ঘ. ০ মি. ০ সে ধরা হইল। মনে করুন এই সময়ের নাম 'রিগেল সময়'। ১২ ঘণ্টা অতিক্রম করিবার পর রিগেলের কৌণিক কাল ১৮০° পশ্চিম হইবে এবং তখন সময় ১২ঘ. ০মি. ০সে.। যখন রিগেল মেরিডিয়ান হইতে মাত্র ১ডিগ্রী পূর্ব দিকে অর্থাৎ ৩৫৯° ইহার কৌণিক কাল তখন রিগেল সময় ২৩ ঘ. ৫৬ মি. ০ সে.। কৌণিক কালের সহিত সময়ের সম্বন্ধ দেখাইবার জন্য ৩৬০° ডিগ্রীকে ২৪ ঘণ্টা সময়ের সহিত সমান ধরিয়া প্রতি ১° ডিগ্রীতে ৪ মিনিট সময় গণনা করা হয় এবং কৌণিক কালকে এইরূপে সময়ের এককে প্রকাশ করা হয়।

একটু ঘুরিয়া আসিতে হইবে যেন সূর্য আবার মেরিডিয়ানে আসে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, একটি সৌর দিনের পরিমাণ সাইডেরিয়াল দিনের পরিমাণ অপেক্ষা একটু বেশী। এক সৌরবৎসরে ৩৬৫ দিন আছে এবং এই ৩৬৫ দিনে পৃথিবী ৩৬০° ডিগ্রী ঘুরিয়া আসে। অতএব প্রতিদিন পৃথিবী সূর্যের চারিদিকে প্রায় ১° ডিগ্রী পরিমাণ আপন কক্ষ-পথের উপরে সরিয়া যায়। চিত্রে ∠ASB=১° ডিগ্রী দেখানো হইয়াছে। এই ১° ডিগ্রী পরিমাণ বেশী ঘুরিয়া আসিতে পৃথিবীর যে সময় অতিবাহিত হইবে সেই সময়টুকুই সাইডেরিয়াল এবং সৌর দিনের মধ্যে ব্যবধান হইবে। সৌর দিনের হিসাবে এক সাইডেরিয়াল দিনের পরিমাণ ২৩ ঘণ্টা ৫৬ মিনিট ৪·০৯১ সেকেণ্ড।

(গ) সাইডেরিয়াল সময়

সাইডেরিয়াল দিনের উপর ভিত্তি করিয়া সাইডেরিয়াল দিনকে ঘণ্টা-মিনিট ও সেকেণ্ড বিভক্ত করা হয়। যখন 'ভারনাল ইকুইনক্স' মেরিডিয়ানে আসে তখন সাইডেরিয়াল সময় ০ ঘ. ০ মি ০ সে.।

সাইডেরিয়াল সময় জ্যোতির্বিদ্যা এবং নৌবিদ্যায় যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। মহাগোলকের কোনও জ্যোতিষ্কের স্থানাঙ্ক (Co-ordinates) রাইট অ্যাসেন্‌শন্ এবং নতি (declination)-এর সাহায্যে স্থির করা হয়। যেহেতু রাইট অ্যাসেন্‌শনের মূলবিন্দুকে 'ভারনাল একুইনক্স' গ্রহণ করা হয় (পৃথিবীর উপরিস্থ দ্রাঘিমার মূল গ্রীনউইচের ন্যায়), অতএব রাইট অ্যাসেন্‌-শন্ সাইডেরিয়াল সময়ের মান নির্ণয় করে। প্রত্যেক অভজারভেটরীতে (observatory) সাইডেরিয়াল সময় নির্ণয়ের জন্য ঘড়ি রাখা হয়।

যাহা হউক, দৈনন্দিন জীবনে আমরা সূর্যের উদয়াস্ত দ্বারা সময় নির্ণয় করি। অতএব বাস্তব ক্ষেত্রে সৌর দিনের সাহায্যে সময় নির্ণয় বেশী প্রয়োজন বিধায় সাইডেরিয়াল সময়ের মূল্য সাধারণ জীবনে অতি সামান্য।

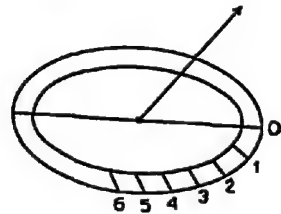
(ঢ) আপাত সোলার সময় (সৌর সময়)

সাইডেরিয়াল সময় যেমন 'ভারনাল ইকুইনক্সের' কৌণিক কাল প্রকাশ করে, তেমনি সোলার সময় সূর্যের কৌণিক কাল নির্ণয় করে। এই আপাত

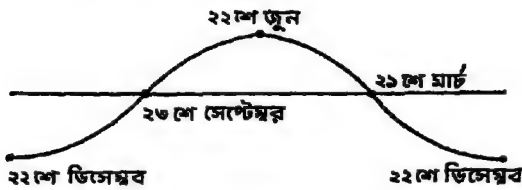
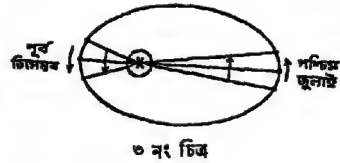
মধ্যাহ্নের সময় সূর্য আমাদের মাথার উপরে মেরিডিয়ান রেখার উপর আসে। গণনার সুবিধার জন্য মধ্যরাত্রিতে ০ ঘ. ০ মি ০ সে ধরা হয়। সুতরাং মধ্যাহ্নে আপাত সোলার সময় ১২ ঘ. ০ মি. ০ সে. মধ্যাহ্নের পূর্ব পর্যন্ত সময়কে আমরা A. M. (ante meridian বা before meridian) বলি। মধ্যাহ্নের পর হইতে আমরা P. M. (post meridian বা past meridian) বলি। কোনও কোনও ক্ষেত্রে মধ্যরাত্রি হইতে গণনা শুরু করিয়া ২৪ ঘণ্টা পর্যন্ত গণনা করা হয়। যেমন ২০ ঘ. ৩৮ মি., এর অর্থ ৮ ঘ. ৩৮ মি. p m

আমরা জানি যে ২৩শে সেপ্টেম্বর সূর্য 'ভারনাল ইকুইনক্স' হইতে মধ্য পথে অটাম্‌নাল ইকুইনক্সের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে। ঐ দিন মধ্যরাত্রিতে যখন সোলার সময় ০ ঘ ০ মি. ০ সে তখন 'ভারনাল ইকুইনক্স' মেরিডিয়ানে অবস্থান করে। ঐদিন হইতে আরম্ভ করিয়া দৈনিক সাইডেরিয়াল সময় সোলার সময়ের অপেক্ষা ৩মি ৫৬সে করিয়া বাড়িতে থাকে এবং এই দুই প্রকার সময়ের ব্যবধান পূর্ণ এক বৎসরে ২৪ ঘণ্টা হইয়া অবশেষে আদি স্থানে ফিরিয়া আসে। আপাত সোলার সময় সূর্যের কৌণিক কালের সহিত ১২ ঘণ্টা যোগ করিয়া পাওয়া যায় এবং সূর্য-ডায়াল (sun dial) এই সময় নির্দেশ করে। সূর্য-ডায়ালে একটি কাঠি (gnomon) পৃথিবীর অক্ষরেখার (axis of the earth) সমান্তরাল করিয়া রাখা হয়। নীচে ভূ-পৃষ্ঠে একটি বৃত্তের উপর ঐ কাঠির ছায়া দ্বারা সূর্যের কৌণিক কাল নির্ণয় করা হয়। বহুদিন যাবৎ মানুষ এই সূর্য-ডায়ালের সহায়তায় সময় স্থির করিত (২নং চিত্র দেখুন)।

দৃশ্যমান বা আপাত সোলার সময়ের দৈর্ঘ্য বৎসরের সব সময় স্থির থাকে না। আমরা জানি যে সূর্য পৃথিবীর তুলনায় দৈনিক প্রায় ১ ডিগ্রী করিয়া পূর্ব দিকে সরিয়া যাইতেছে। প্রকৃতপক্ষে জ্যোতিক মণ্ডলীর মধ্যে সূর্যের এই গতি সর্বত্র

O 1 2 3 4 5 6

২ নং চিত্র

একবাপ (uniform) নহে, ববং কখনও কম বা কখনও অপেক্ষাকৃত দ্রুত গতিতে ঘটিযা থাকে। যদি সূর্যেব পূর্ব দিকেব গতি সর্বদা একই রূপ থাকিত তাহা হইলে সোলার সমযেব মান স্থিব থাকিত। যাহা হউক প্রধানতঃ দুইটি কাবণে সূর্যেব আপাত গতি সর্বদা একই রূপ নহে। প্রথম কাবণ এই যে, আপন কক্ষপথে সূর্যেব চাবিদিক প্রদক্ষিণ কবিবাব সময পৃথিবীর গতি কম-বেশী হইযা থাকে। যখন পৃথিবী সূর্যেব নিকটে আসে (ডিসেম্বব) তখন পৃথিবীব গতি সর্বাধিক এবং যখন সূর্য হইতে বৃহত্তম দূবত্বে থাকে (জুলাই) তখন ইহাব গতি সবচেযে কম। সূর্যেব দৃশ্যমান গতি প্রকৃতপক্ষে পৃথিবীব বার্ষিক গতিবই ফল। অতএব সূর্যেব গতিব মধ্যে আমবা এই অসমতা লক্ষ্য কবিযা থাকি। দ্বিতীয় কাবণ এই যে, পৃথিবীব কক্ষপথেব তল সোজাসুজি পূর্ব পশ্চিম দিকে না থাকিযা মহা-বিষুবেব তলেব সহিত ২৩½° ডিগ্রী কোণে অবস্থিত। ৩ নং এবং ৪ নং চিত্রে এই কাবণ দুইটি পবিষ্কাবভাবে বুঝিতে পাবা যাইবে।

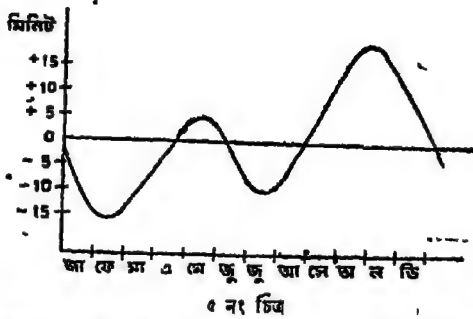
৩ নং চিত্র

৪ নং চিত্র

কক্ষপথেব এই হেলান অবস্থার জন্য শুধু ২১শে মার্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বব তাবিখে সূর্য প্রকৃতপক্ষে পূর্ব দিকে গতিশীল থাকে। কিন্তু মার্চেব পবে সূর্যেব গতি পূর্ব দিকেব একটু উত্তবে এবং সেপ্টেম্ববেব পবে পূর্ব অপেক্ষা একটু দক্ষিণে গতিশীল থাকে। এই কাবণে পৃথিবী একই গতিতে কক্ষ পথে চলিতে থাকিলেও সূর্যেব দৃশ্যমান পূর্ব গতি

বৎসরের বিভিন্ন সময়ে অসমান হইত। সোলার দিনের দৈর্ঘ্য সাইডেরিয়াল দিনের দৈর্ঘ্যের চেয়ে প্রায় ৪ মিনিট অধিক। ঘড়ি আবিষ্কারের পর দেখা গেল যে, দৃশ্যমান সোলার সময় (apparent solar time)-এর সহিত ঘড়ির সমতা রক্ষা করিতে হইলে অনেক অসুবিধায় পড়িতে হয়। ইহার হাত হইতে রক্ষা পাইবার জন্য মধ্য-সোলার সময় (mean solar time) আবিষ্কার করা হইয়াছে।

(ঙ) মধ্য-সোলার সময় (Mean solar time)

আমরা দেখিয়াছি যে, এক্লিপ্‌টিকের সমতল (plane) মহাবিষুবের সহিত ২৩½° কোণে বিদ্যমান বলিয়া সূর্যের দৃশ্যমান পূর্বগতি প্রতিদিন বিভিন্ন হইয়া থাকে এবং ইহার ফলে দৃশ্যমান সোলার সময়ের পরিমাণ সর্বদা একরূপ থাকে না। ইহা সংশোধন করিবার জন্য বৈজ্ঞানিকরা একটি কাল্পনিক সূর্যের অস্তিত্ব স্বীকার করিয়া লইয়াছেন। এই কাল্পনিক সূর্য (mean sun) মহাবিষুবরেখার উপর একটি বিন্দু এবং ইহা মহাবিষুবের উপর দৈনিক একই গতিতে পূর্ব দিকে সরিয়া যাইতেছে বলিয়া কল্পনা করা হয়। এই কল্পিত সূর্যের উপর ভিত্তি করিয়া যে সময় নির্ণয় করা হয় সেই সময়কে মধ্য-সোলার সময় (mean solar time) বলা হয়। ঘড়ির সময় এই কল্পিত সূর্যের কৌণিক কাল (hour angle) নির্ণয় করে। প্রকৃত সূর্যের অসমান গতির জন্য দৃশ্যমান সোলার সময় কখনও ঘড়ির সময় (মধ্য-সোলার সময়) অপেক্ষা বেশী এবং কখনও কম (less) চলিয়া থাকে। এই দৃশ্যমান সোলার সময় এবং মধ্য-সোলার সময়ের মধ্যে ব্যবধানকে সময় সমীকরণ (equation of time) বলে। এই ব্যবধান সর্বাধিক প্রায় ১৭ মিনিট পর্যন্ত হইতে পারে। সময় সমীকরণ জানা থাকিলে ঘড়ির সময়ের সহিত যোগ করিয়া বা ঘড়ির সময় হইতে বিয়োগ করিয়া দৃশ্যমান সময় নির্ণয় করা যায়। পর-পৃষ্ঠার চিত্রে বৎসরের বিভিন্ন সময়ে সময় সমীকরণের 'গ্রাফ' (graph) বা লেখ প্রদর্শিত হইল।

৫ নং চিত্র

'সময় সমীকবণ'=(দৃশ্যমান সোলার সময)—(মধ্য-সোলার সময)—এখানে আমাদের মনে রাখা দরকার যে, দৃশ্যমান সোলার সময এবং মধ্য-সোলাব সময কোনও চিত্র-নির্দিষ্ট স্থানেব সময নির্দেশ করে। উপবেব লেখ হইতে দেখা যায় যে, এক বৎসবে চাব বার 'সময সমীকবণ' -এব মান ০ হইবে অর্থাৎ এই চাব বাব দৃশ্যমান সোলাব সময এবং মধ্য সোলাব সমযের মান একই থাকিবে। নিম্নেব টেবিলে প্রতি মাসের প্রথম তাবিখে সময সমীকবণেব মান প্রদর্শিত হইল।

সময় সমীকরণ

দৃশ্যমান সময় মধ্য-সময় অপেক্ষা বেশী অথবা কম

(১৯৫৫ খ্রীস্টাব্দেব গণনা অনুসাবে)

১লা জানুযারী	৩ মি. ৮ সে. কম	১লা জুলাই	৩ মি ৩০ সে কম
১লা ফেব্রুযারী	১৩ মি ৩২ সে কম	১লা আগস্ট	৬ মি ১৮ সে. কম
১লা মার্চ	১২ মি. ৪০ সে কম	১লা সেপ্টেম্বব	০ মি. ২০ সে. কম
১লা এপ্রিল	৪ মি ১৬ সে. কম	১লা অক্টোবব	৯ মি. ৫৭ সে. বেশী
১লা মে	২ মি. ৪৮ সে. বেশী	১লা নভেম্বব	১৬ মি ২০ সে বেশী
১লা জুন	২ মি. ২৮ সে. বেশী	১লা ডিসেম্বর	১১ মি. ২১ সে. বেশী

বৎসবেব প্রথম দিকে 'সময সমীকবণেব' দ্রুত পবিবর্তনেব ফল সহজেই বুঝা যায। এই সময পৃথিবী সূর্যেব নিকটতম দূরত্বে আসে এবং ফলে ইহাব গতি সর্বাধিক হইযা থাকে। অতএব, দৃশ্যমান সূর্য

পূর্ব দিকে অপেক্ষাকৃত দ্রুত অগ্রসর হইতেছে এবং ফলে সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্ত একটু বিলম্বে ঘটিয়া থাকে। এইজন্য আমাদের ঘড়ির সময়ানুসারে ২১শে ডিসেম্বরের পরও দুই সপ্তাহ পর্যন্ত সূর্যোদয় বিলম্বে ঘটে।

(চ) স্ট্যাণ্ডার্ড টাইম (Standard time) এবং জোন টাইম (Zone time)

পূর্বে, পশ্চিম জগতের বড় বড় শহরের প্রত্যেকটিতে স্থানীয় মধ্য-সোলার সময় অনুসারে কাজকর্ম পরিচালিত হইত। কিন্তু যোগাযোগের দ্রুত উন্নতির ফলে একই দেশের ভিতর বিভিন্ন শহরের স্থানীয় সময়ের পরিবর্তে সকলের গ্রহণীয় একটি সাধারণ সময়ের প্রয়োজন হইয়া পড়ে। আবার U S. A-এর মত বড় দেশের সর্বত্র একইরূপ সময় ব্যবহার করা অসুবিধাজনক। এইজন্য দুই প্রকার সময় স্ট্যাণ্ডার্ড টাইম (Standard time) এবং জোন টাইম (Zone time)-এর ব্যবহার প্রচলিত হইয়াছে।

(ছ) পৃথিবীর সর্বত্র সময় গণনা এবং আন্তর্জাতিক তারিখ-রেখা (International date line)

আমরা এখন যে স্থানে অবস্থান করিতেছি এই স্থান হইতে পূর্বদিকের স্থানসমূহের স্থানীয় সময় আমাদের সময় অপেক্ষা বেশী হইবে এবং সেইরূপ পশ্চিম দিকের স্থানসমূহের স্থানীয় সময় আমাদের সময় অপেক্ষা কম হইবে। অর্থাৎ আমাদের ঢাকায় যখন স্থানীয় (মধ্য-সোলার সময়) সময় দ্বিপ্রহর ১২টা ঠিক সেই মুহূর্তে ১৫° ডিগ্রী পূর্ব দিকের দ্রাঘিমাস্থ স্থানের স্থানীয় সময় বেলা ১টা এবং পশ্চিম দিকের ১৫° ডিগ্রী দূরবর্তী স্থানের স্থানীয় সময় বেলা ১১টা হইবে। এইরূপে যে-কোন স্থানের তুলনায় পৃথিবীর সর্বত্র স্থানীয় সময় ঐ সকল স্থানের দ্রাঘিমার উপর নির্ভর করিবে। একই দ্রাঘিমাস্থ সকল স্থানের স্থানীয় মেরিডিয়ান একই বলিয়া সকল স্থানেই একই সময় স্বীকৃত হইবে। যে-কোন দুইটি স্থানের স্থানীয় সময়ের প্রভেদ ঐ দুইটি স্থানের দ্রাঘিমার প্রভেদের উপর নির্ভর করে। প্রতি ১° ডিগ্রী

ব্যবধানে সময়ের ব্যবধান ৪ মিনিট হইয়া থাকে। লণ্ডনের নিকটস্থ গ্রীনউইচ নামক স্থানের দ্রাঘিমাকে মূল (০°) ধরিয়া পূর্ব এবং পশ্চিম দিকে ১°-১৮০° পর্যন্ত গণনা করা হয় এবং গ্রীনউইচের সময় হইতে অন্যান্য স্থানের সময় গণনা করা হয়। গ্রীনউইচের স্থানীয় সময়কে 'বিশ্ব সময়' (Universal time) বলে। 'নটিক্যাল অ্যালমানাকে' এই সময়ের ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

এখন মনে করুন কোনও ভ্রমণকারী গ্রীনউইচ হইতে পূর্ব দিকে রওনা হইলেন। তাঁহার হাতে যে ঘড়ি আছে সেই ঘড়িতে গ্রীনউইচের সময় রাখা হইয়াছে। তাঁহার চলার পথে প্রতি ১৫° ডিগ্রী দ্রাঘিমা অতিক্রম করিবার পর তাঁহার ঘড়ির সময় ১ ঘণ্টা বর্ধিত করিতে হইবে। এইরূপে ১৮০° পূর্ব দ্রাঘিমার স্থানে আসিবার পর ঘড়ির কাঁটা গ্রীনউইচ সময় অপেক্ষা ১২ ঘণ্টা সামনের দিকে ঘুরাইয়া দিতে হইবে। এইরূপে একই দিকে চলিতে চলিতে যখন তিনি গ্রীনউইচে ফিরিয়া আসিবেন তখন তিনি দেখিবেন যে, তাঁহার ঘড়ি সামনের দিকে ২৪ ঘণ্টা সময় বৃদ্ধি পাইয়াছে। অর্থাৎ গ্রীনউইচের অন্যান্য লোকের কাছে যদি ঐ দিন বুধবার হয় তাহা হইলে আমাদের ভ্রমণকারীর নিকট ঐ দিন বৃহস্পতিবার মনে হইবে। এইরূপ অসুবিধা দূর করিবার জন্য ১৮০° দ্রাঘিমা রেখাকে আন্তর্জাতিক তারিখ-রেখা (International date line) নাম দিয়া ঐ রেখার স্থানসমূহ অতিক্রম করিবার পর পঞ্জিকায় একদিন পরিবর্তন করা হয়। যদি আমরা পূর্ব দিকে রওনা হইয়া তারিখ-রেখা অতিক্রম করি, তাহা হইলে আমরা পঞ্জিকাতে একদিন পিছাইয়া দিব। সেইরূপ পশ্চিম দিকে রওনা হইয়া ঐ তারিখ-রেখা অতিক্রম করিবার পর একদিন বৃদ্ধি করিব। মনে করুন তারিখ-রেখা অতিক্রম করিবার সময় তারিখ যদি ১২ই জুন হইয়া থাকে তাহা হইলে পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে যাইতে ১ দিন পিছাইয়া ১১ই জুন ধরিয়া লইব।

(জ) সময় নির্ণয় (Measurement of time)

পৃথিবীর উন্নত দেশসমূহের অভজারভেটরীতে সাধারণ নিয়মানুযায়ী সময় নির্ণয় করা হয়। এইজন্য বিশেষভাবে নির্মিত টেলিস্কোপ ব্যবহার

করা হয়। এই টেলিস্কোপের সাহায্যে ঠিক কোন্ মুহূর্তে একটি নক্ষত্র স্থানীয় মেরিডিয়ান অতিক্রম করিয়াছে তাহা নির্ণয় করা হয়। যেহেতু কল্পিত সূর্যের (mean sun) অবস্থান অন্যান্য নক্ষত্রের অবস্থান হইতে নির্ণয় করা হয়, অতএব কোনও নির্দিষ্ট নক্ষত্রের মেরিডিয়ান অতিক্রমের সময় হইতে আমরা স্থানীয় সময়, মধ্য-সোলার সময় (mean solar time) নির্ণয় করিতে পারি।

সময় নির্ণয়ের জন্য সর্বপ্রথম ষোড়শ খ্রীস্টাব্দে দোলকের আবিষ্কার করা হয়। যেহেতু দোলক নির্দিষ্ট সময়ে দুলিয়া থাকে, অতএব দোলকের সাহায্যে নির্মিত ঘড়ি নিখুঁতভাবে সময় দিতে সক্ষম। ১৬৫৬ খ্রীস্টাব্দে হিউগিন্স্ (Huygens) দোলক সম্বন্ধে এক গবেষণামূলক গ্রন্থ রচনা করেন। ইহার দোলনকাল শুধু মাধ্যাকর্ষণ শক্তি এবং দোলকের দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভরশীল। বিশেষ রকম ধাতব পদার্থের সংমিশ্রণ (alloy) করিয়া এক প্রকার দোলক নির্ণয় করা হইয়াছিল। এই মিশ্রণ (alloy) এমনভাবে সংগ্রহ করা হইয়াছিল যেন ইহার উপর তাপের প্রভাব অত্যন্ত কম হয়।

আজকাল একরূপ quartz crystal-এর সাহায্যে সময় নির্ণয় নিখুঁতভাবে করা হয়। এই crystal-এর স্বাভাবিক দোলনকাল (vibration frequency)-এর সাহায্যে বিদ্যুৎ-স্রোতের frequency স্থির করা হয় এবং ইহার প্রভাবে বিদ্যুৎ-ঘড়ির সময় নির্ণয় করা হয়। বর্তমান কালে radiation-এর সাহায্যে আরও সূক্ষ্মভাবে সময় নির্ণয় করিবার পদ্ধতি আবিষ্কার করা হইয়াছে।

(ঝ) পৃথিবীর আবর্তন কালের ব্যতিক্রম (Variations in the Earth's rotation)

সূক্ষ্মভাবে সময় নির্ণয়ের যন্ত্র আবিষ্কারের ফলে এই সমস্ত যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবীর আপন মেরুদণ্ডের চারিদিকে ইহার আবর্তনের গতি সব সময় একরূপ থাকে না। পৃথিবীর উপর নৈসর্গিক পরিবর্তন ইহার গতির ব্যতিক্রম ঘটায়। পৃথিবীর কোন অংশ বৃদ্ধি পাইলে কিংবা কোন অংশ সঙ্কুচিত হইলে ইহার ফলে আবর্তনগতির তারতম্য ঘটিতে পারে। আবার পৃথিবীর একস্থান হইতে অন্যস্থানে

বাতাস বা বরফ স্থানান্তরিত হওয়ার ফলেও আবর্তনগতির তারতম্য হইয়া থাকে। এইসব ছাড়াও সমুদ্রে বিশাল জলরাশির মধ্যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হইয়া থাকে। এই সমস্ত কারণে প্রতি ১শত বৎসরে পৃথিবীর আবর্তনগতি $\frac{১}{১০০০}$ সেকেণ্ড কমিয়া আসে।

(ঞ) এফিমেরিস টাইম (Ephimeris time)

আকাশে নক্ষত্রপুঞ্জের গতিবিধি সম্বন্ধে যথেষ্ট জ্ঞান বৈজ্ঞানিকদের গোচরীভূত হইয়াছে। ফলে তাঁহারা ভবিষ্যতে যে-কোন জ্যোতিষ্কের অবস্থান নিখুঁতভাবে বর্ণনা করিতে সক্ষম। এইজন্য জ্যোতির্বিদেরা এক-রূপ সময়ের ব্যবহার করিয়া থাকেন। এই সময়কে এফিমেরিস সময় (ephimeris time) বলে। ১৯০০ খ্রীস্টাব্দে এক মধ্য-সোলার সময়ের সেকেণ্ডের পরিমাণ যতটুকু ছিল, এফিমেরিস সময়ের এক সেকেণ্ডের পরিমান ততটুকু ধরা হইয়াছে। প্রকৃতপক্ষে ১৯০০ সালের বৎসরের তুলনায়

সেকেণ্ড (এফিমেরিস) $= \frac{১}{৩১৫৫৬৯২৫\cdot৯৭৪৭৪}$ বৎসর। পৃথিবীর আবর্তনকালের তারতম্যের জন্য এক্ষণে দৃশ্যমান সোলার-সময় এবং এফিমেরিসের সময়ের পার্থক্য প্রায় ৩০ সেকেণ্ডে দাঁড়াইয়াছে।

৪.২. তারিখ (Date of the Year)

পঞ্জিকায় যে দিন, মাস এবং বৎসরের ব্যবহার হইয়া থাকে, সেইগুলি পৃথিবীর আহ্নিক গতি, চন্দ্রের পৃথিবীর চারিদিকে আবর্তন এবং পৃথিবীর বার্ষিক গতির উপর ভিত্তি করিয়া গণনা করা হয়। কিন্তু পঞ্জিকা তৈয়ার করিতে অসুবিধা এই যে, এই তিনরূপ গতির সময়-কাল পরস্পরের পূর্ণ বিভাজ্য নহে।

নক্ষত্রের তুলনায় চন্দ্র পৃথিবীর চারিদিকে একবার ঘুরিয়া আসিতে ২৭⅓ দিন গ্রহণ করে। ইহা চন্দ্রের সাইডেরিয়াল মাস'। সূর্যকে মূল ধরিলে চন্দ্র পৃথিবীর চারিদিকে প্রায় ২৯½ দিনে ঘুরিয়া আসে। ইহাকে চন্দ্রের সাইনডিক মাস বলে।

বৎসর সম্বন্ধে বলিতে গেলে বলিতে হয় যে, সাধারণতঃ তিন প্রকারের বৎসরের পরিচয় পাওয়া যায়। সূর্যের চারিদিকে ঘুরিয়া আসিতে পৃথিবীর ৩৬৫.২৫৬৪ বা ৩৬৫ দিন ৬ ঘণ্টা ৯ মিনিট ১০ সেকেণ্ড (মধ্য-সোলার) সময় লাগে। ইহাকে সাইডেরিয়াল বৎসর বলে। আবার 'ভারনাল ইকুইনক্সের' তুলনায় পৃথিবীর ৩৬৫.২৪২১৯৯ বা ৩৬৫ দিন ৫ ঘণ্টা ৪৮ মিনিট ৪৬ সেকেণ্ড সময় লাগে। এই সময় ঋতু পরিবর্তনের সহিত সামঞ্জস্য রক্ষা করে। ইহাকে ট্রপিকাল বৎসর (tropical year) বলে। প্রিসেশন (precession)-এর জন্য ট্রপিকাল বৎসর সাইডেরিয়াল বৎসরের চেয়ে একটু কম। মহাবিশ্বে পৃথিবীর কক্ষপথ অতিশয় ধীরে আবর্তন করে। এইজন্য পৃথিবীর পর পর দুইবার সূর্যের নিকটতম দূরত্বে আসিতে ৩৬৫.২৫৯৬ বা ৩৬৫ দিন ৬ ঘণ্টা ১৩ মিনিট ৫৩ সেকেণ্ড সময় অতিবাহিত হয়। এই সময়কে 'বিভ্রান্তি বৎসর' (anomalistic) বৎসর বলে। ইহা সাইডেরিয়াল বৎসর হইতে একটু বেশী। ইহা পৃথিবীর উপর সৌরজগতে অবস্থিত অন্যান্য গ্রহের আকর্ষণাদির ফল।

(ক) সপ্তাহ (Week)

সাত দিনে এক সপ্তাহ গ্রহণ করিবার পৌরাণিক কারণ এই যে, তখনকার দিনে শনি (saturn), বৃহস্পতি (jupiter), মঙ্গল (mars), রবি (sun), শুক্র (venus), বুধ (mercury) এবং সোম (moon)-কে ৭টি গ্রহ বলিয়া মনে করা হইত। পূর্বে মনে করা হইত যে, দিনের প্রতিটি ঘণ্টা এক একটি গ্রহ দ্বারা চালিত হইত। এইরূপে শনিবারের প্রথম ঘণ্টা শনিগ্রহ দ্বারা প্রভাবিত হইত, দ্বিতীয় ঘণ্টা বৃহস্পতি দ্বারা, তৃতীয় ঘণ্টা মঙ্গলগ্রহ দ্বারা ইত্যাদি রূপে চালিত হইত। এইরূপে শনিবারের ২৪ ঘণ্টার শেষ ঘণ্টা মঙ্গল গ্রহের প্রভাবে আসিত। অতএব পরদিন রবিবারের প্রথম ঘণ্টায় রবি (sun)-এর প্রভাব স্বীকৃত হইত। এইভাবে যে-কোন দিনের নাম ঐ দিনের প্রথম ঘণ্টা কোন্ গ্রহের প্রভাবে রহিবে সেই অনুসারে স্থির করা হইত।

(খ) পঞ্জিকা (Calendar)

আধুনিক পঞ্জিকার গোড়াপত্তন বোমানরা খ্রীস্টপূর্ব অষ্টম অব্দে কবেন। প্রথম পঞ্জিকায মাত্র ১০টি মাসেব নাম ছিল। খ্রীস্টপূর্ব প্রথম অব্দে ১২ মাসেব নাম গ্রহণ কবা হয। এই পঞ্জিকা অনুসাবে চান্দ্রমাসের দিন ২৯½ দিন ধবা হইত। পর্যাযক্রমে এক মাসে ২৯ দিন এবং তাব পবেব মাসে ৩০ দিন ধবা হইত। ইহাব ফলে এক বৎসবেব দৈর্ঘ্য ৩৫৪ দিনে ধবা হইত। কিন্ত ট্রপিকাল বৎসবেব দৈর্ঘ্য ৩৬৫¼ দিন হওযায এই পঞ্জিকা ব্যবহাবে নানা প্রকাব অসুবিধা দেখা দিযাছিল। প্রতি তিন বৎসবে প্রায ১ মাসেব প্রভেদ সৃষ্টি হইত। ইহাব সংশোধন মানসে স্থিব কবা হইত যে, প্রতি তিন বৎসব পব পব ১ বৎসবে ১২ মাসেব পবিবর্তে ১৩ মাস ধবিতে হইবে। কিন্ত ধর্মযাজকদেব হাতে এই পঞ্জিকা স্থিব কবাব দাযিত্ব থাকায নানা বিভ্রাট সৃষ্টি হইতেছিল। সুবিধামত তাহাবা কোন বৎসরে ১৩ মাস, কোন বৎসবে ১২ মাস ধবিবা পঞ্জিকা গঠন কবিতেন। অবশেষে খ্রীস্টপূর্ব ৪৬ অব্দে জুলিযাস সিজাব পঞ্জিকাব সংস্কবণ কবেন।

(গ) জুলিয়ান ক্যালেণ্ডাব (Julian Calendar)

আলেকজান্দ্রাস্থ জ্যোতির্বিদ Sosigenes-এব সাহায্যে সিজাব, মিসবীয ক্যালেণ্ডাবেব অনুকবণে নিম্ন উপাযে পঞ্জিকাব সংস্কাব সাধন কবেন:

(১) চান্দ্রমাসকে বর্জন কবিযা বৎসবেব প্রতি মাসেব দৈর্ঘ্য ৩০ দিন কিংবা ৩১ দিন ধবা হইবে। একমাত্র ফেব্রুযাবী মাসেব দৈর্ঘ্য ২৯ দিন ধবা হইবে।

(২) পঞ্জিকাব বৎসবেব দৈর্ঘ্য ট্রপিক্যাল বৎসব ৩৬৫¼ দিনে ধবিতে হইবে। অবশিষ্ট ¼ দিন পঞ্জিকায ধবা হব নাই। যাহা হউক প্রতি ৪ বৎসব পব এক বৎসবকে ৩৬৬ দিনে ধবিতে হইবে।

(৩) প্রতি মাসেব দিন-সংখ্যা ৩০ কিংবা ৩১ হইবে যেন শুভ মাসেব দিন-সংখ্যা ৩১ এবং অশুভ মাসেব দিন-সংখ্যা ৩০ ধরা হয।

ফেব্রুয়ারী মাসের দৈর্ঘ্য ২৯ দিন থাকিবে। জুলিয়াস সিজারের মৃত্যুর পর তাঁহার নামানুসারে জুলাই মাসের নামকরণ করা হয়।

সিজারের মৃত্যুর পর রোমান সিনেট পঞ্জিকার কিছু রদবদল করেন। ঐ সময়ে অগাস্টাস (Augustus) সিজারের নামানুসারে আগস্ট মাসের নামকরণ হয় এবং আগস্ট মাসে ৩১ দিন ধরা হয়। পূর্বে আগস্ট মাস ৩০ দিনে ধরা হইত। এই পরিবর্তনের ফলে ফেব্রুয়ারী মাসের দিন-সংখ্যা ২৯ হইতে ২৮ দিনে পরিবর্তন করা হইয়াছে। অবশ্য প্রতি চার বৎসর পর ফেব্রুয়ারী মাসে ২৯ দিন ধরা হয়।

পুরাতন রোমান পঞ্জিকানুযায়ী ভারনাল ইকুইনক্স ২৫ শে মার্চ হইতে বহু দূরে সরিয়া পড়ায় জুলিয়াস সিজার ৪৬ খ্রীস্টপূর্বাব্দে অতিরিক্ত তিন মাস গ্রহণ করিয়া 'ভারনাল ইকুইনক্সের' দিনকে ২৫ শে মার্চ তারিখের সহিত মিলাইয়া দেওয়া হয়।

(ঘ) গ্রেগরিয়ান ক্যালেণ্ডার (Gregorian Calendar)

১৫৮২ খ্রীস্টাব্দে রোমের পোপ গ্রেগরি পঞ্জিকার সংস্কার সাধন করেন। এই সমস্ত সংস্কারের মূলে ধর্মীয় কতকগুলি অনুষ্ঠানের দিন ধার্য করা প্রধান উদ্দেশ্য ছিল। পোপ গ্রেগরী দুইটি প্রয়োজনীয় সংস্কার সাধন করিয়াছিলেন। প্রথমতঃ ভারনাল ইকুইনক্সের দিন ২৫ শে মার্চ হইতে সরাইয়া ২১ শে মার্চ তারিখে আনয়ন করেন এবং 'লিপইয়ার' ধার্য করিবার জন্য নিয়ম করেন যে, যে শত বৎসর (যেমন ১৬০০, ২০০০) ৪০০ দ্বারা বিভাজ্য হইবে সেই শত বৎসরকে 'লিপইয়ার' ধরিতে হইবে। এক গ্রেগরী বৎসরের দিন-সংখ্যা মোট ৩৬৫.২৪২৫ দিন।

প্রশ্নমালা—৪

১। যদি চন্দ্রকে সময় নির্ণয়ের মূলরূপে ধরা হয় তাহা হইলে এক চান্দ্রদিন সাইডেরিয়াল দিন অপেক্ষা কত বেশী হইবে?

২। সৌরদিন অপেক্ষা এক বৎসরে কত সাইডেরিয়াল দিন আছে?

৩। যদি অস্ত সন্ধ্যা ৮ ঘ. ৩০ মি. এর সময় একটি নক্ষত্র আকাশে উদয় হয় তাহা হইলে দুই মাস পরে কোন্ সময় নক্ষত্রটি উদয় হইবে?

৪। প্রমাণ করুন যে, সূর্যভায়াল অনুযায়ী শীতকালীন দিনের দৈর্ঘ্য, গ্রীষ্মকালীন দিনের দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড়।

৫। একটি পশ্চিমগামী এ্যারোপ্লেন শুক্রবার দিন 'আন্তর্জাতিক তারিখ-রেখা' রাত্রি ৯-৩০ মিনিটে অতিক্রম করিল। ১০ মিনিট পর যাত্রার নিকট কোন্ দিন এবং সময় স্থিরীকৃত হইবে?

৬। কোন্ স্থানের ২১ শে সেপ্টেম্বর Orion-এর উদয় কাল ২৩ ঘ. ৩০ মি. (স্থানীয় সময়)। প্রমাণ করুন যে ২১ শে অক্টোবর স্থানীয় সময় ২১ ঘ. ৩০ মি. এবং সাইডেরিয়াল সময় ২৩ ঘ. ৩০ মি. এ Orion উদয় হইবে।

৭। যদি একটি নক্ষত্র অস্ত সন্ধ্যায় ৯ ঘ. ১৫ মি.-এর সময় উদয় হয় তাহা হইলে আগামীকল্য কখন উহা উদয় হইবে?

পঞ্চম অধ্যায়

আলো এবং টেলিস্কোপ

(LIGHT AND THE TELESCOPE)

৫.১. আলোর প্রকৃতি এবং ধর্ম (Nature & Property of Light)

আলো আমাদের নিকট অতি পরিচিত হওয়া সত্ত্বেও ইহার প্রকৃতি সহজে বুঝিতে পারা যায় না। প্রকৃতপক্ষে আলো শক্তির (energy) এক প্রকার বিকাশ। যখনই কোন আলোকিত পদার্থ থেকে আলো চারিদিকে ছড়িইয়া পড়ে তখন সেই আলোর সহিত বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি (electromagnetic energy) ঢেউয়ের আকারে বাহিত হয়। সমুদ্রে যেমন ছোট বড় নানা প্রকারের ঢেউ খেলিয়া বেড়ায়, তেমনি আলো ঢেউয়ের আকারে মূল উৎস হইতে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য আছে। আলোর ভিতর যে বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি বিদ্যমান উহারা নানা প্রকার দৈর্ঘ্যের ঢেউ বিশেষ। বিভিন্ন আকারের ঢেউ সম্বলিত আলো বিভিন্ন প্রকার। যেমন রংধনুতে আমরা বিভিন্ন রং-এর আলো দেখি। ইহাদের প্রত্যেকের ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য বিভিন্ন। আমরা যে সূর্যের আলো দেখি উহা সকল প্রকার ঢেউয়ের সংমিশ্রণ। X-ray, Infra ray Ultra-violet ray প্রভৃতি আলোকে আমরা চোখে দেখিতে পাই না। নগ্ন চোখে দেখিবার জন্য যে-আলো, তাহার ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য দুইটি সীমার মধ্যে অবস্থিত। এই সীমার উভয় পার্শ্বে যে সমস্ত ঢেউ আছে তাহাদের দ্বারা সৃষ্ট আলো আমরা দেখিতে পাই না।

বৈজ্ঞানিকেরা মনে করেন যে, কোন একটি বিশেষ দৈর্ঘ্যের ঢেউ সম্বলিত আলো যখন বিকীর্ণ (radiation) হয় তখন উহা 'ফোটন' (photon) নামক 'বিকীর্ণ শক্তি' (radiant energy) এর কয়েকটি প্যাকেটের আকারে বাহিত হয়। 'ফোটন বিকীর্ণ শক্তির 'একক' (unit) বিশেষ। আধুনিক বৈজ্ঞানিকদের মতে আলো একই সময়ে 'ঢেউ' (wave) এবং 'ফোটনের' প্যাকেটরূপে বর্ণনা করা যাইতে পারে।

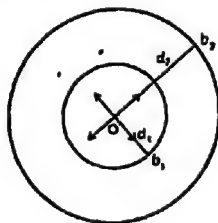
(ক) আলোর সরলরেখায় গমন

আলো মহাশূন্যে (empty space) সরল রেখায় বাহিত হয়। ইহার চলিবার পথে আলো 'প্রতিফলন' (reflection), 'প্রতিসরণ' (refraction) এবং 'diffraction' দ্বারা গতি পরিবর্তন করিতে পারে।

বিপরীত বর্গ নিয়ম (Inverse Square Law)

আলো ইহার গতিপথে 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' পালন করে। যদি আলো কোন নির্দিষ্ট উৎস o হইতে আসে তাহা হইলে কোন নির্দিষ্ট (দূরত্ব d) স্থানে যে পরিমাণ আলো পতিত হইবে তাহা d-ব্যাসার্ধ-যুক্ত গোলকের উপর প্রতি বর্গ ইঞ্চি স্থানের উপর পতিত আলোর পরিমাণের উপর নির্ভর করিবে। কারণ, কোন নির্দিষ্ট সময়ে উৎস হইতে নির্দিষ্ট পরিমাণ আলো বিকীর্ণ হয় এবং চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। যতই দূরে যায় ততই ইহা বৃহত্তর এলাকায় ছড়াইয়া পড়ে। অতএব, যখন এই আলো উৎস হইতে d ইঞ্চি দূরে ছড়াইয়া পড়ে তখন ইহা $4\pi d^2$ (গোলকের তলের ক্ষেত্রফল) এলাকার উপর বিস্তৃত হয়। অতএব, যদি কোন সময়ে 'বিকীর্ণ-শক্তি' (radiated energy)-এর পরিমাণ E হয় তাহা হইলে যখন এই শক্তি আলোর আকারে d ইঞ্চি দূরে বিস্তৃত হয় তখন প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই আলোর শক্তির পরিমাণ হইবে $\frac{E}{4\pi d^2}$। অতএব, প্রতি বর্গইঞ্চিতে আলোর পরিমাণ 'বিপরীত বর্গ নিয়মে' কমিতে থাকে। ইহার অর্থ এই যে, উৎস হইতে d_1- এবং d_2 দূরত্বে অবস্থিত দুইটি টেলিস্কোপে পতিত আলোর পরিমাণ যথাক্রমে b_1 এবং b_2 হইলে

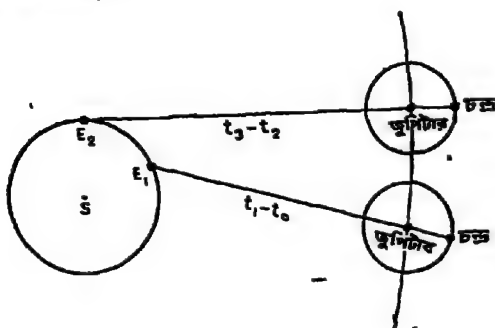
$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{4\pi d_2^2}{4\pi d_1^2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

এই সম্বন্ধকে 'বিপরীত বর্গ নিয়ম' (Inverse square law) বলে। (চিত্র দেখুন)।

(খ) আলোর গতি (Speed of Light)

আলো প্রতি সেকেণ্ডে মহাশূন্যে ২·৯৯৭৯২৯ × $১০^{১০}$ সে মি. অথবা ১৮৬,০০০ মাইল বেগে বাহিত হয়। বৈজ্ঞানিকদের মতে আলোর এই গতি অপেক্ষা অধিক কোন পদার্থের গতিবেগ অধিকতর সম্ভব নহে। আইনস্টাইনের 'আপেক্ষিক তত্ত্ব' (Theory of Relativity)-এর মূলে এই সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা হইয়াছে।

আলোর গতিবেগ নির্ণয় (Velocity of Light)

(১) ১৬৭৫ খ্রীস্টাব্দে ডেনমার্কের জ্যোতির্বিদ Ole Roamer সর্ব প্রথম আলোর গতিবেগ নির্ণয় করেন। তিনি জুপিটার (Jupiter বা বৃহস্পতি গ্রহ) গ্রহের চন্দ্রগ্রহণের (eclipse) সময় হইতে আলোর গতিবেগ নির্ণয় করেন।

মনে করুন, জুপিটারের একটি চন্দ্র কোন নির্দিষ্ট সময় t_0 এ জুপিটারের ছায়ায় প্রবেশ করায় চন্দ্রগ্রহণ দেখা গেল। জুপিটার হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে কিছু সময় অতিবাহিত হয় বলিয়া মনে করুন t_1 সময়ে আমরা পৃথিবীতে ঐ চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিলাম। অতএব চন্দ্রগ্রহণের মুহূর্ত হইতে $t_1 - t_0$ সময়ের পর আমরা চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করিব। আলো এই $t_1 - t_0$ সময়ে জুপিটার হইতে পৃথিবীতে আসিবে। এই মুহূর্তে মনে করুন পৃথিবী উহার কক্ষপথে E_1 নামক স্থানে অবস্থান করিতেছে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

ইহার পর জুপিটারের চন্দ্র জুপিটারের চারিদিকে একবার ঘুরিয়া আসিবার পর আবার যখন চন্দ্রগ্রহণ সৃষ্টি করিবে তখন পৃথিবী আপন কক্ষপথে E_2 নামক স্থানে সরিয়া যাইবে। মনে করুন দ্বিতীয়বার চন্দ্রগ্রহণের সময় t_2 এবং পৃথিবীতে উহা লক্ষ্য করিবার সময় t_3। অতএব, জুপিটার হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে t_3-t_2 সময় লাগিবে। অতএব, পৃথিবীতে পর পর চন্দ্রগ্রহণের সময়ের ব্যবধান t_3-t_1 কিন্তু পর পর চন্দ্রগ্রহণের সময়ের প্রকৃত ব্যবধান t_2-t_0। দেখা যায় যে, t_2-t_0 সময় অপেক্ষা t_3-t_1 সময় কিছুটা বেশী। ইহার কারণ এই যে, পৃথিবী হইতে জুপিটারের দূরত্ব ইতিমধ্যে বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং এই অতিরিক্ত দূরত্ব ভ্রমণ করিতে আলোর $(t_3-t_1)-(t_2-t_0)$ সময় লাগিয়াছে।

পরীক্ষা দ্বারা দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবীর কক্ষপথের ব্যাসের সমান দূরত্ব অতিক্রম করিতে আলোর ১৬½ মিনিট সময় প্রয়োজন হয়। কিন্তু পৃথিবী এক বৎসরে πd (d=ব্যাস) দূরত্ব অতিক্রম করে। অতএব পৃথিবী d দূরত্ব $\frac{1}{\pi}$ বৎসরে অতিক্রম করে। ইহা আলো অপেক্ষা ১০,০০০ গুণ সময় বেশী। অতএব দেখা যায় যে, আলো পৃথিবীর গতিবেগ অপেক্ষা ১০,০০০ গুণ বেশী দ্রুত বেগে ধাবিত হয়। আবার দেখা গিয়াছে যে, পৃথিবী প্রতি সেকেণ্ডে ১৮½ মাইল বেগে কক্ষপথে ভ্রমণ করে। অতএব আলোর গতিবেগ ১৮½ মাইল × ১০,০০০ মাইল, অর্থাৎ প্রায় ১৮৬,০০০ মাইল/সেকেণ্ড।

(২) ১৮৪৯ খ্রীস্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক ফিজো (Fizean) ল্যাবরেটরীতে আলোর গতিবেগ নির্ণয়ের এক পন্থা আবিষ্কার করেন। তিনি আলোর রশ্মিকে দূরে একটি আরশিতে (mirror) প্রতিফলন করেন। কিন্তু আলো আরশিতে পৌঁছিবার পূর্বে পথে একটি দাঁত-ওয়ালা হুইলের (toothed wheel) মধ্য দিয়া অতিক্রম করে। যদি হুইলটি স্থির থাকে তাহা হইলে প্রতিফলিত রশ্মি হুইলের যে দুইটি দাঁতের মধ্যস্থ ফাঁক দিয়া আরশিতে পড়িবে ঠিক সেই পথেই ফিরিয়া আসিবে। কিন্তু যদি হুইলকে দ্রুতবেগে ঘুরানো হয় তাহা হইলে

যখন প্রতিফলিত রশ্মি হুইলে ফিরিয়া আসিবে তখন উহার গতিপথে একটি দাঁত আসিয়া বাধা দিবে এবং আলো হুইল অতিক্রম করিতে পারিবে না। ফিজোর কার্য হুইল হুইলকে এমনভাবে ঘুরানো যেন প্রতিফলিত আলো হুইল অতিক্রম করিতে না পারে। হুইলের গতি হইতে ইহা সহজেই নির্ণয় করা যায়, একটি দাঁতকে আলোর পথে আসিতে কত সময় লাগিবে? এই সময়ে আলো হুইল হইতে আরশি এবং আরশি হইতে হুইলে আসিবে। ফিজোর পরীক্ষায় আরশিকে হুইল হইতে ৫ মাইল দূরে রাখা হইয়াছিল। এইভাবে ফিজো যে গতিবেগ নির্ণয় করেন উহা Roamer-এর নির্ণীত গতিবেগ হইতে শতকরা ৪ ভাগের মধ্যে পাওয়া গিয়াছিল।

আধুনিক কালে আলোর গতিবেগ নির্ণয়ের জন্য অত্যন্ত সূক্ষ্ম পদ্ধতি আবিষ্কার করা হইয়াছে এবং ইহার ফলে জানা গিয়াছে যে, আলোর গতি প্রতি সেকেণ্ডে ২৯৯,৭৯৩ কিলোমিটার।

(গ) নানা প্রকারের বৈদ্যুতিক এবং চুম্বকশক্তি (Electromagnetic energy)

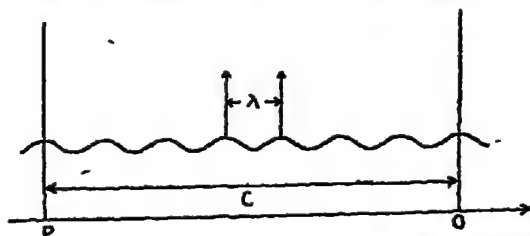
সর্বপ্রকার বৈদ্যুতিক এবং চুম্বক-শক্তির মধ্যে একটি সাধারণ বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। ইহাদের সকলেরই গতিবেগ একইরূপ এবং ইহারা সকলেই ঢেউয়ের আকারে প্রবাহিত হয়। যেমন, রেডিও ঢেউগুলির দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে। টেলিভিশনের ঢেউগুলির দৈর্ঘ্য কয়েক ইঞ্চি হইতে কয়েক গজ পর্যন্ত হইতে পারে। তাপ এক প্রকার শক্তির বিকাশ। ইহার ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য খুব কম। যে বৈদ্যুতিক এবং চুম্বক-শক্তির ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য ০.০০০০১৬ হইতে ০.০০০০২৮ ইঞ্চির মধ্যে অবস্থিত সেই সমস্ত শক্তি দৃশ্যমান আলোর অন্তর্ভুক্ত। আলোর ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য Augstrom এককের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। এক Augstrom $A = \frac{১}{১০০,০০০,০০০}$ সে মি অতএব আলোর দৈর্ঘ্য=৪০০০A° হইতে ৭০০০A° এককের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। কোন বিশেষ দৈর্ঘ্যের আলো ইহার রং নির্দিষ্ট করে। ৪০০০A° হইতে ৪৫০০A° দৈর্ঘ্যের

ঢেউ দ্বারা violet বা বেগুনী বং নির্দেশ করবে। ইহা অপেক্ষা অধিক দৈর্ঘ্যের ঢেউগুলি যথাক্রমে নীল, সবুজ, হলুদ, কমলা এবং লাল রং নির্দেশ করবে। সূর্য হইতে আগত আলোর মধ্যে ৭টি রং-এর সমাবেশ দেখা যাব। ৪০০০A° অপেক্ষা কম ঢেউযের আলোকে Ultra-violet রশ্মি বলে। সেইরূপ X-ray-এর ঢেউযের দৈর্ঘ্য ইহা অপেক্ষাও কম। Ultra-violet রশ্মি এবং X-ray ফটোগ্রাফীর সাহায্যে দেখা যায়।

(ঘ) ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য, আলোর গতি এবং দোলন-কাল (Time period)-এর সম্বন্ধ

সমুদ্রে যেমন ঢেউ দেখা যায়, আলো ঐরূপ ঢেউযের আকারে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। সমুদ্রে যেমন এক খণ্ড কাষ্ঠকে খাড়াভাবে উঠানামা করিতে দেখা যায়, তেমনি আলোর ঢেউ খাড়াভাবে উঠানামা করিয়া থাকে (transverse waves)। আলো কোন বস্তুর মাধ্যমে প্রবাহিত হয় না। অন্য পক্ষে শব্দ বাতাসের সাহায্যে প্রবাহিত হয়। বাতাস না থাকিলে শব্দ মোটেই প্রবাহিত হয় না। যখন শব্দ কোন উৎস হইতে আমাদের কর্ণে পৌঁছে তখন যে পথে শব্দ আসে সেই দিকে বাতাস দোলে (vibration)। অতএব শব্দবাহী বাতাস দৈর্ঘ্যের দিকে (longitudinally) দুলিতে থাকে।

যখনই কোন শক্তি (energy) ঢেউযের আকারে একস্থান হইতে অন্যস্থানে প্রবাহিত হয় তখনই আমরা ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য (wave length) এবং দোলনসংখ্যা (frequency)-এর মধ্যে একটা সম্বন্ধ নির্ণয় করিতে

λ
C
P
O

পারি। দোলন-সংখ্যা বা frequency বলিতে প্রতি সেকেণ্ডে কোন বিন্দুর মধ্য দিয়া কতগুলি ঢেউ অতিক্রম করে, সেই ঢেউ-সংখ্যা বুঝায়।

মনে করুন O বিন্দুর মধ্য দিয়া এক লম্বা ঢেউয়ের বহর ডান দিকে প্রবাহিত হইতেছে (পূর্ব পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)। মনে করুন এই ঢেউয়ের গতি C সে. মি./সেকেণ্ড।

মনে করুন P হইতে O-এর দূরত্ব C সে. মি.। অতএব যে-কোন মুহূর্তে যদি কোন ঢেউ P বিন্দু অতিক্রম করে তাহা হইলে এক সেকেণ্ড পরে ইহা O বিন্দুতে আসিয়া পৌঁছিবে। এখন এই এক সেকেণ্ডে P এবং O-এর মধ্যে যতগুলি ঢেউ পাওয়া যাইবে-তাহাদের সংখ্যা যদি f হয়, তাহা হইলে f ঢেউয়ের দোলন-সংখ্যা নির্ণয় করিবে। প্রত্যেক ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য λ সে. মি. হইলে আমরা দেখিতেছি যে,

$$C = f \times \lambda \qquad (১)$$

(৬) ফোটনের শক্তি (Energy of Photons)

আধুনিক Quantum তত্ত্বের মতানুযায়ী প্রত্যেকটি 'ফোটন' কিছুটা শক্তি বহন করে। এই শক্তির পরিমাণ সংশ্লিষ্ট ঢেউয়ের দোলন-সংখ্যার উপর। দোলন সংখ্যা f হইলে, শক্তি (Energy) E-এর মান হইবে,

$$E = h \times f \qquad (২)$$

যেখানে $h = ৬\cdot৬২৫২ \times ১০^{-২৭}$ erg-কে Planck সংখ্যা বলে। (১) এবং (২) হইতে সহজেই আমরা পাই,

$$E = \frac{hc}{\lambda} \qquad (৩)$$

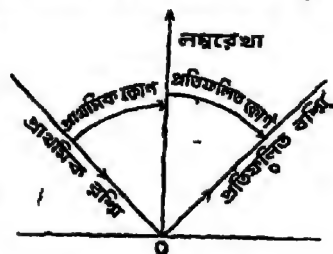
বেগুনী (violet) এবং নীল (blue) রং-এর ফোটনের শক্তি, লাল (red) রং-এর ফোটনের শক্তি অপেক্ষা অধিক।

৫২. আলোর জ্যামিতীয় নিয়ম

টেলিস্কোপে ব্যবহারের জন্য আলোর তিনটি গুণ আমাদের কাজে আসিবে। এই গুণ তিনটি হইল প্রতিফলন (reflection) নিয়ম, প্রতিসরণ (refraction) নিয়ম এবং বিচ্ছেদ (dispersion) নিয়ম।

(ক) প্রতিফলন নিয়ম (Law of Reflection)

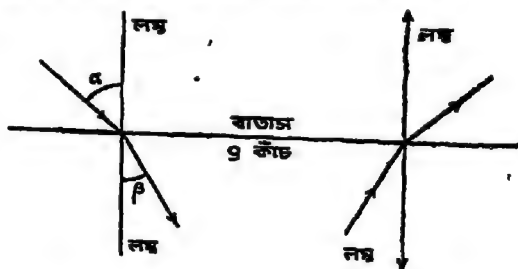
আলো যে নিয়মে একটি মসৃণ তল (surface) হইতে প্রতি-ফলিত হয় সেই নিয়মকে 'প্রতিফলন নিয়ম' (law of reflection) বলে। একটি তলের উপরিস্থ যে কোন একটি বিন্দুতে খাড়াভাবে একটা রেখা (perpendicular line) টানিলে ঐ রেখাকে (normal) বা লম্বরেখা বলে। আলোর রশ্মি তলের উপর (upon the surface) পতিত হইয়া লম্বরেখার সহিত যে কোণ (angle) উৎপন্ন করিবে সে কোণকে 'প্রাথমিক কোণ' (angle of incidence) বলে। প্রতিফলিত হইয়া আলোর রশ্মিটি লম্বরেখার সহিত যে কোণ করিয়া তল হইতে ফিরিয়া আসে সেই কোণকে 'প্রতিফলন কোণ' (angle of reflection) বলে। প্রতিফলনের নিয়মানুসারে 'প্রাথমিক কোণ' এবং 'প্রতিফলন কোণ'-এর পরিমাণ একই হইবে এবং রশ্মি দুইটি একই সমতলে অবস্থিত থাকিবে (পাশের চিত্র দেখুন)।

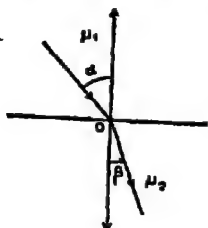
লক্ষ্য করুন যে যদি আলোর রশ্মি খাড়াভাবে তলের উপর পতিত হয় তাহা হইলে খাড়াভাবেই ইহা ফিরিয়া আসিবে।

চিত্র—প্রতিফলন নিয়ম

(খ) প্রতিসরণ নিয়ম (Law of Refraction)

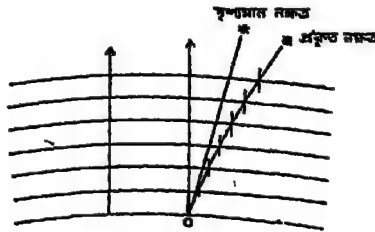
আলো যখন এক প্রকার স্বচ্ছ পদার্থের মাধ্যম হইতে অন্য প্রকার স্বচ্ছ পদার্থের মাধ্যমে প্রবেশ করে তখন ইহা দিক পরিবর্তন করে। গতিপথে যখনই আলো দুইটি অসমান ঘনত্বের সীমারেখায় আসে তখনই সীমা-রেখা অতিক্রম করিবার সময় লম্বরেখা হইতে একটু বৃহত্তর কোণে কিংবা লম্বরেখার সহিত ক্ষুদ্রতর কোণে সীমারেখা হইতে নির্গত হয়। যে-কোন স্বচ্ছ পদার্থের (কাচ, পানি ইত্যাদি) 'প্রতিসরণ সূচক' (index of refraction) দ্বারা ইহার আলোর সহিত সম্পর্ক নির্ধারণ করা হয়। মহাশূন্যে (vacuum) এবং স্বচ্ছ পদার্থে যথাক্রমে আলোর গতি -নির্ণয়

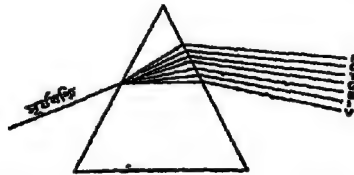
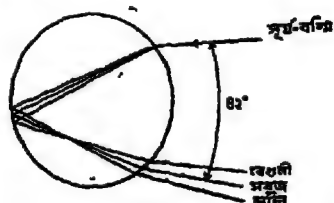
করিয়া উহাদের অনুপাত লইলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় সেই সংখ্যাকে ঐ স্বচ্ছ পদার্থের 'প্রতিসরণ সূচক' (index of refraction) বলে। বস্তু যত বেশী ঘন হইবে তাহার প্রতিসরণ সূচক ততই বেশী হইবে। বাতাস অপেক্ষা কাচের প্রতিসরণ সূচক বেশী। আলো একরূপ পদার্থ হইতে অন্যরূপ পদার্থের ভিতর প্রবেশ করিবার সময় কিছুটা বাঁকিয়া যায় (bending of beam)। হাল্কা পদার্থের মধ্য হইতে ঘন পদার্থের মধ্যে প্রবেশ করিবার সময় আলোর রশ্মি লম্বরেখার দিকে বাঁকিয়া যায়। একইরূপে, ঘন পদার্থ হইতে হাল্কা পদার্থের মধ্যে প্রবেশ করিবার সময় আলোর রশ্মি লম্বরেখা হইতে দূরে বাঁকিয়া যায় (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

লম্ব
লম্ব
α
বাতাস
ও কাঁচ
β
লম্ব
লম্ব

নিম্নের চিত্রে মনে করুন আলোর রশ্মি এক পদার্থ হইতে অন্য পদার্থের ভিতর প্রবেশ করিবার সময় লম্বরেখার সহিত α কোণ উৎপন্ন করিল এবং দ্বিতীয় পদার্থের ভিতর প্রবেশ করিবার পর লম্বরেখার সহিত β কোণ উৎপন্ন করিল। মনে করুন μ_1 এবং μ_2 যথাক্রমে উহাদের প্রতিসরণ-সূচক (চিত্র দেখুন)।

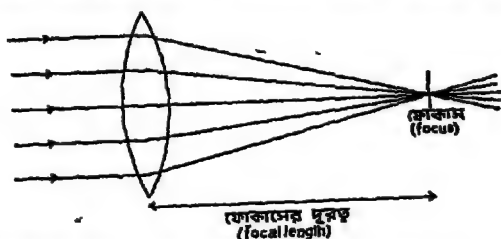
μ_1
α
O
β
μ_2

Snell এর নিয়মানুসারে, $\mu_1 \sin \alpha = \mu_2 \sin \beta$

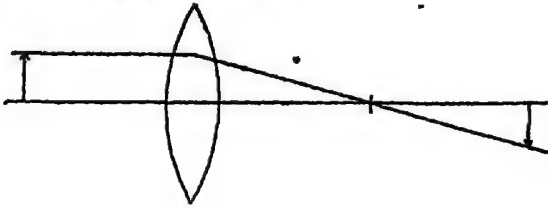
পৃথিবীর উপরিস্থ বায়ুমণ্ডলের সর্বত্র বাতাস সমানভাবে ঘন নহে। প্রকৃতপক্ষে ভূ-পৃষ্ঠের নিকটতম স্তরের বাতাস সর্বাপেক্ষা ঘন। তারপর যতই উপরের দিকে যাওয়া যায় ততই বাতাস অপেক্ষাকৃত হাল্কা মনে হইবে। বায়ুমণ্ডলস্থ বাতাসের এই অসমান ঘনত্বের জন্য সূর্য হইতে আগত আলোক রশ্মি

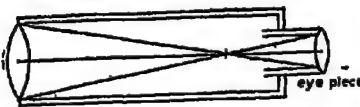
বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়া চলিবার সময় অবিরত বাঁকিয়া যায়। ইহার ফলে আমরা কোন নক্ষত্রকে ইহার প্রকৃত দিকের (direction) পরিবর্তে অপেক্ষাকৃত অধিকতর উচ্চতায় দেখিতে পাই (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

(গ) বিচ্ছেদ নিয়ম (Law of Dispersion)

এই নিয়মানুসারে সূর্যের আলোর মধ্যস্থ বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের আলো পরস্পর বিচ্ছিন্ন হইয়া স্বকীয়ভাবে প্রকাশিত হইয়া বিভিন্ন রং-এর আলো সৃষ্টি করে। সাধারণতঃ আলোর রশ্মি যখন কাচের প্রিজমের মধ্য দিয়া যায় তখন এই বিচ্ছেদ প্রক্রিয়া ঘটে (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

সূর্যরশ্মির বিচ্ছেদ-নিয়মের প্রমাণ আমরা রংধনুতে দেখিতে পাই। বৃষ্টি-বিন্দুগুলির প্রত্যেকে এক একটি প্রিজমের কাজ করিয়া থাকে। সূর্যের আলো বৃষ্টি-বিন্দুর উপর পতিত হইয়া প্রতিসরণের ফলে বাঁকিয়া যায় এবং বিচ্ছিন্ন হয়। ইহার পর বৃষ্টি-বিন্দু হইতে বাহির হইয়া আসিবার সময় পুনরায় সূর্যরশ্মি বাঁকিয়া যায়। নীল এবং বেগুনী রং-এর আলো প্রতিসরণ দ্বারা সবচেয়ে বেশী প্রভাবান্বিত হয়। সূর্যরশ্মি বৃষ্টি-বিন্দুর যে দিকে প্রবেশ করে সেই দিকেই আবার বাহির হইয়া আসে (পর পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)।

সাধারণতঃ আলো বৃষ্টি-বিন্দু হইতে প্রায় ৪২° কোণে বাহির হইয়া আসে। অবশ্যই সূর্য যে দিকে থাকে তাহার উল্টা দিকে রংধনু দেখা যায়। সূর্য এবং চন্দ্রের চারিদিকে সময় সময় আংটির মত রঙ্গিন হ্যালো (halo) দেখা যায়। ইহা প্রতিসরণের ফলে হইয়া থাকে।

৫৩ লেন্সের সাহায্যে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি (Formation of image by a lens)

প্রতিফলন এবং প্রতিসরণ নিয়মের সাহায্যে আমরা যাবতীয় লেনসের দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বের রূপ নির্ণয় করিতে পারি। প্রথমে আমরা একটি কন্‌ভেক্‌স লেন্‌সের সাহায্যে প্রতিবিম্বের রূপ বর্ণনা করিব। নিম্নের চিত্রে একটি কন্‌ভেক্‌স লেন্‌স (convex lens) প্রদর্শিত হইল।

মনে করুন দূরবর্তী কোন নক্ষত্র হইতে আলোর রশ্মিসমূহ সমান্তরালভাবে আসিয়া লেন্সের উপর পতিত হইল। কন্‌ভেক্‌স্ লেন্স মধ্যখানে পুরু এবং প্রান্তের দিকে পাতলা হইয়া থাকে। সমান্তরাল রশ্মিসমূহ প্রতিসরণের প্রভাবে লেন্স হইতে বাহির হইয়া একটি বিন্দুতে (ফোকাস) মিলিত হয় এবং নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব (image) সৃষ্টি

করে। এই বিন্দুকে লেন্সের ফোকাস্ (focus) বলে। লেন্সের মধ্যরেখা হইতে এই বিন্দুর দূরত্বকে ফোকাসের দূরত্ব বা ফোকাস-দূরত্ব (focus length) বলে। একটি লেন্স বা ঐ জাতীয় কোন যন্ত্র (device)-কে objective বলে। ইহার সাহায্যে দূরবর্তী কোন নক্ষত্র বা জ্যোতিষ্কের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করা হয়। আমরা লক্ষ্য করিয়াছি যে, দূরবর্তী নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব শুধুমাত্র একটি বিন্দুবিশেষ। অপেক্ষাকৃত নিকটবর্তী জ্যোতিষ্কের প্রতিবিম্ব আমরা অনুরূপ পদ্ধতিতে পাইতে পারি। মনে করুন চন্দ্র হইতে আলো আসিয়া একটি লেন্সে পতিত হইতেছে। এখানে চন্দ্রের বিভিন্ন অংশ হইতে সমান্তরাল আলো আসিয়া লেন্সের উপর পতিত হয় এবং উহার অপর পার্শ্বে বিভিন্ন অংশের প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। আমরা যদি লেন্সের ফোকাসের বাহিরে একটি কার্ড বা সাদা কাগজ লেন্সের সমান্তরালে ধরিয়া রাখি তাহা হইলে আমরা চন্দ্রের প্রতিবিম্ব পাইব (নিম্নের চিত্র দেখুন)।

৫·৪· (ক) প্রতিসরণ টেলিস্কোপ (Refracting telescope)

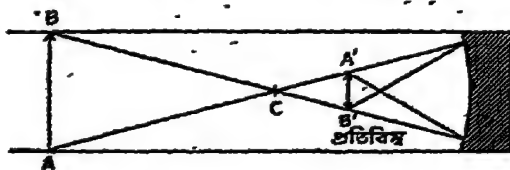
একটি সাধারণ টেলিস্কোপে দুইটি কনভেক্স লেন্স থাকে। লেন্স দুইটি একটি টিউবে এমনভাবে বসানো হয় যে উহাদের মধ্যে দূরত্ব উভয়ের ফোকাল দূরত্বের যোগফলের সমান (চিত্র দেখুন)।

লেন্স দুইটির মধ্যে একটি অপেক্ষাকৃত বড। ইহাকে objective বলে এবং ইহাতে আকাশে দূরবর্তী নক্ষত্রের আলো আসিয়া পতিত হয়। Objective-এর ফোকাল দূরত্ব অপেক্ষাকৃত বড লওয়া হয়। নক্ষত্র হইতে আলো আসিয়া objective-এ পতিত হইয়া ইহার

ফোকাসে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। দ্বিতীয় লেন্সকে Eye piece বলে। Objective লেন্স দ্বারা সৃষ্ট প্রতিবিম্বকে আমরা উল্টাভাবে দেখিতে পাই। এই প্রতিবিম্বকে আমরা যখন eye piece-এর সাহায্যে দেখি তখন প্রতিবিম্বকে বড় আকারে দেখিতে সক্ষম হই। Eye piece-টি একটি ছোট টিউবের ভিতর সংযুক্ত থাকে এবং এই ছোট টিউবকে বড় টিউব বরাবর টানা যায়। ইহাতে eye piece-কে সুবিধামত স্থানে টানিয়া প্রতিবিম্বকে অপেক্ষাকৃত স্পষ্ট এবং বড় আকারে দেখা যাইতে পারে।

যখন ক্রমশঃ বড় বড় টেলিস্কোপ তৈয়ার করা হইল তখন দেখা গেল যে প্রতিবিম্বগুলি বড় হয় সত্য কিন্তু তাহারা সেই সঙ্গে ঝাপসা হইয়া যায় এবং শুধু তাহাই নহে আলো বিচ্ছিন্ন (dispersion) হওয়ার ফলে প্রতিবিম্বগুলি বিকৃত হইয়া যায়। আধুনিক কালে নানা প্রকার উপায় উদ্ভাবনের ফলে এই সমস্ত অসুবিধা দূর করা হইয়াছে। বিভিন্ন বক্রতা বিশিষ্ট এবং বিভিন্ন প্রকার কাচ দ্বারা তৈয়ারী লেন্সের সাহায্যে বর্তমান কালে পরিষ্কার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করা সম্ভব হইয়াছে। প্রতিসরণ টেলিস্কোপের সাহায্যে আকাশের বিভিন্ন এলাকার ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা সম্ভব। একটি টেলিস্কোপের aperture বলিতে object লেন্সের ব্যাসকে বুঝায়। Object লেন্সের ব্যাস যত বড় হইবে টেলিস্কোপের দৈর্ঘ্যও তত বড় হইবে। সাধারণ প্রতিসরণ টেলিস্কোপে aperture এবং ফোকস দৈর্ঘ্যের অনুপাত সাধারণতঃ ১ : ১৫ অর্থাৎ যে টেলিস্কোপের aperture ১২ ইঞ্চি সেই টেলিস্কোপের দৈর্ঘ্য ১৫ ফুট হইবে।

(খ) প্রতিফলন টেলিস্কোপ (Reflecting telescopes)

যদি সুবিধামত একটি বাঁকা আরশি (curved mirror) লওয়া যায় তাহা হইলে আমরা দূরবর্তী নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব পাইতে পারি। পর-পৃষ্ঠার চিত্রে একটি covcave mirror বা চন্দ্রাকৃতি বক্র আরশি দেখানো হইয়াছে।

এই আরশির সাহায্যে AB বস্তু হইতে আলো আরশিতে প্রতিফলিত হইয়া A´B´ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইবে। অনেক টেলিস্কোপের object-কে লেন্স না লইয়া আরশি লওয়া হয়। এইরূপ টেলিস্কোপকে প্রতিফলনশীল বা প্রতিফলন-টেলিস্কোপ (Reflecting telescope) বলে। এই টেলিস্কোপে প্যারাবোলাকৃতির আরশিকে object-রূপে ব্যবহার করা হয়। নক্ষত্র হইতে আগত আলো আরশি দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া টিউবের মধ্যস্থলে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। এই প্রতিবিম্বকে আর একটি আরশি দ্বারা প্রতিফলিত করা হয়।

(গ) টেলিস্কোপের সংস্থাপন (Mounting of telescopes)

আকাশে জ্যোতিষ্কের গতিপথ দেখিবার জন্য টেলিস্কোপকে এমনভাবে সংস্থাপন করা হয় যেন উহাকে দুইটি অক্ষরেখার (axis)-কে অবলম্বন করিয়া আবর্তন করা যায়। পৃথিবীর অক্ষরেখাকে Polar axis বা মেরুরেখা বলে। এই মেরুরেখা সর্বদা ধ্রুব নক্ষত্রের দিকে স্থির থাকিবে। অতএব কোন স্থানের অক্ষাংশের (latitude) জ্ঞান হইতে আমরা সহজে মেরুরেখার অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি। যদি আমরা এই মেরুরেখাকে অবলম্বন করিয়া উহার চারিদিকে টেলিস্কোপকে আবর্তন করি তাহা হইলে ইহা মহাবিষুবের সমান্তরাল এবং মহাবৃত্তের সমতলে থাকিবে। এই অবস্থায় টেলিস্কোপ যে-কোন নক্ষত্রের গতিপথে থাকিবে।

আবার মেরুরেখার সহিত লম্বভাবে নতিরেখা (declination axis) অবস্থিত। আমরা যদি এই নতিরেখার চারিদিকে টেলিস্কোপ আবর্তন করি তাহা হইলে ইহা একটি কাল-বৃত্তে (hour circle) আবর্তন করিবে।

প্রত্যেক অক্ষের সহিত একটি কোণ মাপিবার যন্ত্র সংযুক্ত করা থাকে। ইহাদের সাহায্যে কৌণিক-কাল (hour angle) এবং রাইট অ্যাসেন-শান মাপা যায়।

প্রশ্নমালা—৫

১। একটি নক্ষত্রের উজ্জ্বলতার বৃদ্ধি বা ক্ষয় কিরূপ হইবে যদি ইহাকে
দ্বিগুণ দূরত্বে লওয়া হয়,
দশগুণ দূরত্বে লওয়া হয়;
অর্ধেক দূরত্বে আনা যায়।

২। প্রতিসরণের ফলে সূর্যোদয়ের পূর্বেই সূর্যকে দেখা যায় এবং তেমনি সূর্যাস্তের পরও সূর্যকে দেখা যায়। বায়ুমণ্ডলে প্রতিসরণের ফলে একটি দিনের দৈর্ঘ্য কতটা বৃদ্ধি পাইয়া থাকে?

৩। ২০০ ইঞ্চি ব্যাস বিশিষ্ট aperture-এর টেলিস্কোপে (ফোকাস দূরত্ব ৬৬০ ইঞ্চি) চন্দ্রের প্রতিবিম্ব কত বড় দেখা যাইবে?

৪। যখন কোন আলোক-রশ্মি কাচের একটি প্রিজমের মধ্য দিয়া যায় তখন কি পরিবর্তন ঘটে তাহা বর্ণনা করুন।

৫। দুইটি কনভেক্স লেন্স দ্বারা একটি টেলিস্কোপ তৈয়ার করা হইলে প্রত্যেকটি লেন্সের কার্য্য কি হয় তাহা বর্ণনা করুন।

৬। কোন অভজারভেটরীতে পর্যটকেরা আসিলে সাধারণতঃ এই সমস্ত প্রশ্ন তাঁহারা করে। আপনি এই সমস্ত প্রশ্নের কি উত্তর দিবেন?

(ক) এই টেলিস্কোপ প্রতিবিম্বকে কতটা বড় করিতে সক্ষম?

(খ) এই টেলিস্কোপ কি নক্ষত্র এবং গ্রহ উভয়ের প্রতিবিম্বকে বড় (magnify) করিতে পারে?

(গ) এই টেলিস্কোপের সাহায্যে আপনি কতদূর দেখিতে পারেন?

ষষ্ঠ অধ্যায়

চন্দ্র
(THE MOON)

চন্দ্র পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী এবং ইহা পৃথিবীর চারিদিকে ঘুরিতেছে বলিয়া ইহাকে আমরা উপগ্রহ (satellite) বলি। চন্দ্রের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্যের আলো পতিত হইলে চন্দ্র আলোকিত হয়। চন্দ্র আকাশে দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম জ্যোতিষ্ক। চন্দ্র সম্বন্ধে বৈজ্ঞানিকগণ সর্বাপেক্ষা অধিক তথ্য আবিষ্কার করিতে সক্ষম হইয়াছেন। অধুনাকালে চন্দ্রে মানুষ প্রেরণ সম্বন্ধে প্রচেষ্টা চলিতেছে।

অন্যান্য জ্যোতিষ্কের তুলনায় চন্দ্রের গতি সর্বাপেক্ষা অধিক। আকাশে চন্দ্র প্রায় সূর্যের মতই বড় দেখায়। চন্দ্রের প্রতিপদ হইতে পূর্ণিমা এবং অমাবস্যা পর্যন্ত বিভিন্ন "কলা" (phases) আছে।

৬·১. (ক) চন্দ্রালোক (Moon light)

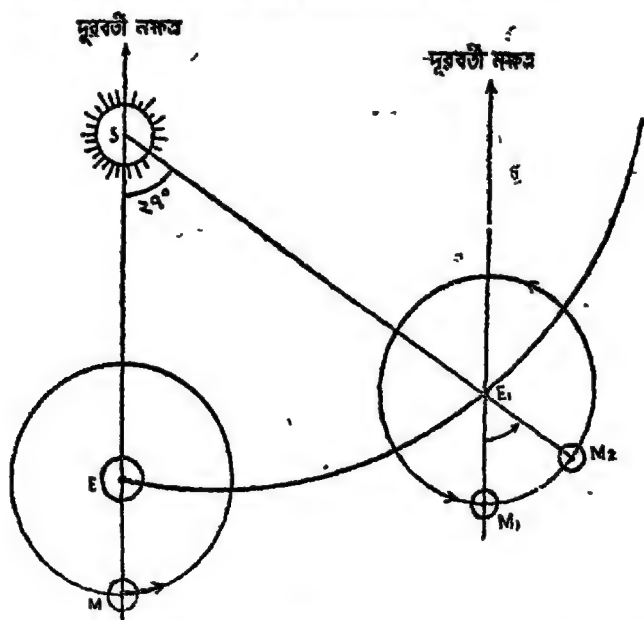
চন্দ্রের বিশেষ গুণ হইল ইহার আলো। আমরা চন্দ্র হইতে যে আলো পাই তাহার পরিমাণ বিশেষরূপে পরিবর্তনশীল। পূর্ণিমার রাত্রিতে চন্দ্রালোক এত উজ্জ্বল হয় যে আমরা প্রায় রাত্রিবেলা এই আলোতে বই পড়িতে পারি। ইহার তুলনায় প্রথম সপ্তাহের শেষে আমরা মাত্র শতকরা ১০ ভাগ আলো পাই। আবার প্রতিপদের পর প্রথম যখন আকাশে চন্দ্রোদয় হয় তখন ইহার আলোর পরিমাণ শতকরা ½ ভাগ মাত্র। পূর্ণিমার চাঁদের আলো উজ্জ্বল হওয়া সত্ত্বেও সূর্যালোকের তুলনায় এই আলো মাত্র $\frac{১}{৪০০,০০০}$ অংশ।

সূর্যালোক চন্দ্রের উপর হইতে প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া আসে। চন্দ্রের "প্রতিফলন শক্তি" (reflecting power) কত আমরা তাহা নির্ণয় করিতে পারি। সূর্যের দূরত্বের তুলনায় মোটামুটিভাবে বলা যায় যে পৃথিবী ও চন্দ্র, সূর্য হইতে প্রায় একই দূরে অবস্থিত। সুতরাং পৃথিবীর উপর প্রতি বর্গইঞ্চি পরিমিত স্থানে যে আলো পতিত

হয তাহা চন্দ্র-পৃষ্ঠের উপর প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে পতিত আলোর সমান। এই আলো যদি সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত (reflected) হইত তাহা হইলে চন্দ্র ১৪ গুণ বেশী আলোকিত দেখাইত। চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত আলোর যে অংশ প্রতিফলিত হয সেই অংশ (fraction)-কে "আলবেডো" (albedo) বলে। চন্দ্রের আলবেডো প্রায ০.০৭। প্রকৃতপক্ষে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত সূর্যালোকের প্রায সবটুকুই চন্দ্র কর্তৃক শোষিত (absorbed) হয। ইহার উপরিভাগ মৃত। শোষিত আলো চন্দ্র-পৃষ্ঠকে উত্তপ্ত করে এবং পরিশেষে তাপের আকারে ছড়াইযা পড়ে। যখন চন্দ্রের আলোকিত অংশ একটি সরু "ফালির" (crescent) মত আমরা দেখিতে পাই তখন ইহার অন্ধকার অংশকেও অত্যন্ত আবছা (faintly) দেখা যায। লিওনার্ডো-দা-ভিঞ্চি (১৪৫২-১৫১৯) প্রথম ইহার কারণ আবিষ্কার করিযা বলেন যে, পৃথিবীর উপর পতিত আলো প্রতিফলিত হইযা চন্দ্রের উপরোক্ত অংশকে আবছা দেখায।

(খ) সাইডেরিয়াল এবং সাইনডিক মাস (Sidereal and synodic months)

আকাশে অন্যান্য নক্ষত্রের তুলনায পৃথিবীর চতুর্দিকে ঘুরিযা আসিতে চন্দ্রের প্রায ২৭ দিন ৭ ঘণ্টা ৪৩ মিনিট ১১.৫ সেকেণ্ড সময লাগিবে। ইহাকে চন্দ্রের সাইডেরিযাল মাস (sidereal month) বলে। কিন্তু এই সমযে পৃথিবী আপন কক্ষপথের $\frac{1}{13}$ অংশ বা ২৭° পরিভ্রমণ করে। অতএব সূর্যকে প্রায ২৭° পূর্বদিকে এক্লিপ-টিকের উপর সরিযা যাইতে দেখা যাইবে। অতএব এই সমযে অর্থাৎ এক সাইডেরিযাল মাসে সূর্যের তুলনায চন্দ্র একই অবস্থায আসিতে সক্ষম হইবে না। ইহার ফলে এক অমাবস্যা হইতে অপর অমাবস্যা পর্যন্ত সময সাইডেরিযাল মাস অপেক্ষা অধিক হইবে। কারণ চন্দ্রের ক্ষয-বৃদ্ধি বা "কলা" (phases) সূর্যের তুলনায ইহার অবস্থানের উপর নির্ভর করে। প্রকৃত পক্ষে সূর্যের তুলনায একই অবস্থায ফিরিযা আসিতে চন্দ্রের প্রায ২৯ দিন ১২ ঘ ৪৪ মি ২.৪ সেকেণ্ড সময লাগে।

এই সময়কে চন্দ্রের সাইনডিক মাস (synodic month) বলে। আমরা প্রথম অধ্যায়ে সাইডেরিয়াল এবং সাইনডিক "কাল" (period) সম্বন্ধে আলোচনা করিয়াছি। এখানে চন্দ্রের সাইডেরিয়াল এবং সাইনডিক মাসের প্রভেদ চিত্রের সাহায্যে প্রদর্শিত হইল।

চিত্রে S, E এবং M যথাক্রমে সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের অবস্থান। এক সাইডেরিয়াল মাস (২৭ দিন ৭ ঘ. ৪৩মি. ১১'৫ সে.) পর পৃথিবী কক্ষপথে ২৭° দূরে E_1 স্থানে এবং চন্দ্র M_1 স্থানে আসিবে। এই অবস্থায় চন্দ্র নক্ষত্রের তুলনায় আপন অবস্থায় ফিরিয়া আসিবে। কিন্তু সূর্যের তুলনায় আপন অবস্থায় আসিতে চন্দ্রের প্রায় ২৯ দিন লাগিবে। M_2 স্থানে আসিলে চন্দ্রের সাইনডিক মাস পূর্ণ হইবে।

(গ) আকাশে চন্দ্রের পরিভ্রমণ পথ

আকাশে অন্যান্য নক্ষত্রের অবস্থানের তুলনায় চন্দ্র আপন কক্ষপথে দৈনিক প্রায় ১৩° পূর্বদিকে সরিয়া যায়। মহাগোলকের উপর

চন্দ্রের কক্ষপথ একটি মহাবৃত্তের (great circle) রেখা অঙ্কন করে। চন্দ্রের এই কক্ষপথ এক্লিপটিক (ecliptic) বা পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত ৫° কোণে হেলিয়া আছে। চন্দ্রের কক্ষপথ এবং পৃথিবীর কক্ষপথ পরস্পর দুইটি বিন্দুতে ছেদ্ করিয়াছে। এই দুইটি বিন্দুকে নোড্স (nodes) বলে। চন্দ্র পৃথিবীর নিকটে আছে বলিয়া চন্দ্রের উপর পৃথিবীর আকর্ষণ সর্বাধিক। কিন্তু ইহা সত্ত্বেও সূর্য এবং অন্যান্য গ্রহের ক্ষীণ আকর্ষণের ফলে চন্দ্রের কক্ষপথের স্থিরতা কিছুটা নষ্ট হয়। এইজন্য এই কক্ষ-পথের সামান্য পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায় এবং এই পরিবর্তনের ফলে নোডাল বিন্দুদ্বয় (nodal points) ক্রমশঃ পশ্চিম দিকে সরিতে থাকে এবং প্রায় ১৮·৬ বৎসরে সম্পূর্ণভাবে ঘুরিয়া পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে। নোডাল বিন্দুদ্বয়ের এই গতিকে নোডের পশ্চাদপসরণ (regression of nodes) বলে। ইহা ছাড়া বহির্বিশ্বের জ্যোতিষ্কদের ক্ষীণ আকর্ষণের ফলে চন্দ্রের কক্ষপথের তল পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত স্থির ৫°-এর পরিবর্তে ৪°৫৯′ হইতে ৫°১৮′ পর্যন্ত কোণ উৎপন্ন করিয়া থাকে। এইজন্য চন্দ্রের কক্ষতল মহাবিষুব (Equator)-এর তলের সহিত ২৩½°+৫°=২৮½° হইতে ২৩½°−৫°=১৮½° কোণ উৎপন্ন করে।

(ঘ) চন্দ্রোদয়ে বিলম্ব (Delay in moon rise)

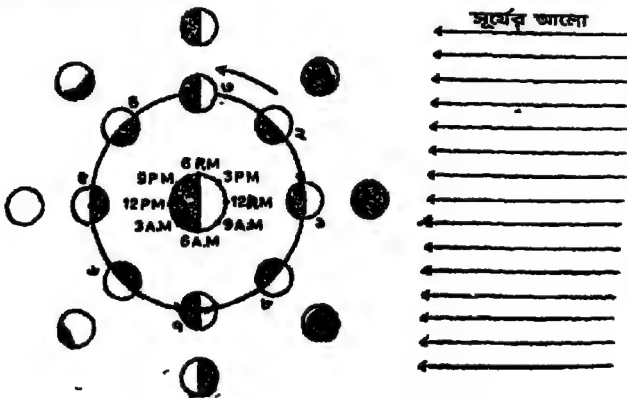
আমরা উল্লেখ করিয়াছি যে, চন্দ্র দৈনিক আপন কক্ষপথে প্রায় ১৩° পূর্বদিকে সরিয়া যায়। অন্য পক্ষে সূর্য কক্ষপথে প্রায় ১° পূর্বদিকে সরিয়া যায়। অতএব সূর্যের তুলনায় চন্দ্র দৈনিক ১২° পূর্বদিকে সরিয়া যাইতেছে। পৃথিবীর আহ্নিক গতির জন্য চন্দ্রকে দৈনিক পূর্বদিকে উদয় হইতে এবং পশ্চিম দিকে অস্ত যাইতে দেখা যায়। চন্দ্রের কক্ষপথে ১২° পূর্ব গতির জন্য দৈনিক চন্দ্রোদয়ের সময় প্রায় ৫০ মিনিট পিছাইয়া যায়।

(ঙ) "Harvest Moon"

অটামনাল ইকুইনক্সের নিকটে অবস্থান কালে যখন চন্দ্রের পূর্ণিমা হয় সেই পূর্ণিমাকে "হারভেস্ট মুন" (Harvest moon) বলে। সূর্য

অটামনাল ইকুইনক্সে (২১শে সেপ্টেম্বর) অবস্থান কালে পূর্ণিমার সময় চন্দ্র পৃথিবীর বিপরীত দিকে অর্থাৎ ভারনাল ইকুইনক্সে অবস্থান করিবে। সুতরাং এই সময়ে চন্দ্র এবং ভারনাল ইকুইনক্সের তারকা একই সময় উদয় হইবে। উত্তর অক্ষাংশস্থ স্থানসমূহে এক্লিপটিক্ সর্বাপেক্ষা কম কোণ্ উৎপন্ন করে এবং ইহার ফলে চন্দ্র দিগন্ত রেখার খাড়াভাবে উদয় হইবে। পূর্ণিমার পর পর কয়েকদিন চন্দ্রের আপেক্ষিক গতি প্রায় দিগন্তরেখার সমান্তরাল হওয়ার জন্য বৎসরের অন্য সময়ের তুলনায় চন্দ্র সূর্যাস্তের পর পর তাড়াতাড়ি উদয় হইয়া থাকে। সুতরাং সেপ্টেম্বর মাসের শেষ এবং অক্টোবর মাসের প্রথম দিকে পূর্ণিমার পূর্বে এবং পরে কয়েক রাত্রি ধরিয়া সন্ধ্যাবেলায় চন্দ্রালোক বেশী পরিমাণ পাওয়া যায় এবং শীতপ্রধান দেশের কৃষকেরা এই আলোতে কৃষিকার্য অধিক সময় পর্যন্ত করিতে সুযোগ পায়। এইজন্য এই পূর্ণিমাকে "হারভেস্ট মুন" (Harvest moon) বলে।

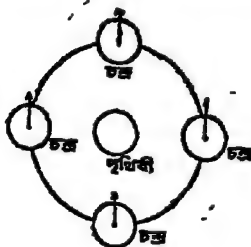
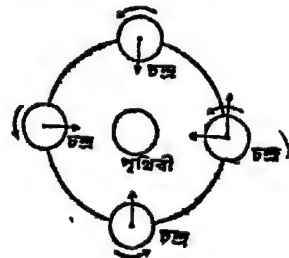
(চ) চন্দ্রের "কলা" এবং ইহার হ্রাস-বৃদ্ধি (Phases, Waning and waxing of the Moon)

পুরাতন কালের মানুষ চন্দ্রের হ্রাস-বৃদ্ধি কেন হয় তাহা পরিষ্কারভাবে বুঝিতে পারিয়াছিলেন। আজকাল অতি সহজেই "কত দিনের চাঁদকে কোথায় দেখিব" তাহা আমরা অনুমান করিতে পারি। নিম্নের চিত্রে আমরা পৃথিবীর চারিদিকে আবর্তনশীল চন্দ্রের বিভিন্ন অবস্থানের বর্ণনা দিলাম।

মনে করুন চন্দ্র অমাবস্যার দিন ১নং অবস্থানে আছে। ঐ দিন চন্দ্র, সূর্য এবং পৃথিবীর মাঝখানে অবস্থিত। ২ হইতে ৮ নং পর্যন্ত অন্যান্য অবস্থান প্রদর্শন করা হইয়াছে। প্রত্যেক অবস্থানের পার্শ্বে পৃথিবী হইতে চন্দ্র কিরূপ দেখাইবে তাহা দেখানো হইয়াছে। ভূ-পৃষ্ঠে যে কোন স্থানের ঠিক মধ্যাকাশে বিভিন্ন অবস্থানের চন্দ্রকে কোন্ সময়ে দেখা যাইবে তাহাও প্রদর্শিত হইল। যেমন ৭ দিনের চন্দ্রকে সন্ধ্যা ৬টার সময় মধ্যাকাশে দেখা যাইবে। যখন চন্দ্র গিব্বাস্ (Gibbous) আকার (৪ নং অবস্থান) তখন রাত্রি ৯ টার সময় ইহাকে মধ্যাকাশে দেখা যাইবে।

(ছ) চন্দ্রের আপন অক্ষের চারিদিকে আবর্তন (Rotation of the moon)

আমরা সকলেই জানি যে আমরা সর্বদাই চন্দ্রের একই দিক দেখিতে পাই। চন্দ্রের থালার মধ্যে আমরা একই চিত্র সর্বদা লক্ষ্য করি। এইজন্য অনেকে হয়ত মনে করিবেন যে চন্দ্র আপন অক্ষের (axies) চারিদিকে আবর্তন করে না। ইহা সত্য নহে। নিম্নের চিত্রে ↑ চিহ্ন দ্বারা চন্দ্রের উপর বিশেষ "লক্ষণ" বা "ছবি" বুঝানো হইতেছে। মনে করুন চন্দ্র পৃথিবীর চারিদিকে আবর্তনকালে, আপন অক্ষের চারিদিকে না ঘুরিয়া একইরূপ অবস্থায় আছে। তাহা হইলে এক চান্দ্র মাসে (lunar month) বিভিন্ন অবস্থানে চন্দ্রকে ১ নং চিত্রের মর্মানুযায়ী এমনভাবে দেখিব যে বিশেষ লক্ষণটিকে কখনও কখনও দেখিতে পাইব না।

চন্দ্র
চন্দ্র
চন্দ্র
পৃথিবী
চন্দ্র

১ নং চিত্র

চন্দ্র
চন্দ্র
চন্দ্র
পৃথিবী
চন্দ্র

২ নং চিত্র

কিন্তু যদি চন্দ্র আপন অক্ষের চারিদিকে আবর্তন করিতে থাকে তাহা হইলে ২নং চিত্রের মর্মানুযায়ী বিশেষ লক্ষণটিকে ভূ-পৃষ্ঠ হইতে সর্বদাই দেখিতে পাইব। ইহা প্রমাণিত হইয়াছে যে, পৃথিবীর চারিদিকে চন্দ্রের আবর্তন কাল (Period of revolution) এবং আপন অক্ষের চারিদিকে ইহার আবর্তন-কাল (Period of rotation) সমান। ভূ-পৃষ্ঠের বিশাল জলরাশির আকর্ষণের ফলে চন্দ্রের উভয় আবর্তন-কাল সমান বলিয়া পণ্ডিতগণ অনুমান করেন। চন্দ্রের সব অংশই সূর্যের আলোকে আলোকিত হয়। তবে আমরা মাত্র একই অর্ধাংশ সর্বদা দেখি।

৬২ চন্দ্রের দূরত্ব এবং আকার (Moon's distance and size)

অন্যান্য জ্যোতিষ্কের তুলনায় চন্দ্র পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী। ৩০টি পৃথিবীকে পাশাপাশি রাখিলে যে দূরত্ব অতিক্রম করা যায় চন্দ্র প্রায় সেই দূরত্বে অবস্থিত। নানাভাবে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় করা যায়।

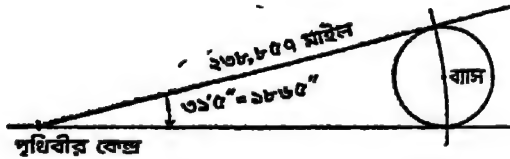
(ক) রাডারের সাহায্যে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয়: রাডার হইতে বৈদ্যুতিক ঢেউয়ের একটি Pulse যদি দূরবর্তী কোন লক্ষ্যবস্তুতে পাঠানো হয় তাহা হইলে ঐ ঢেউ লক্ষ্যবস্তুতে প্রতিহত হইয়া রাডারে ফিরিয়া আসিতে যে সময়ের প্রয়োজন হয় সেই সময়ের জ্ঞান হইতে লক্ষ্যবস্তুর দূরত্ব সহজে নির্ণয় করা যায়। যে-কোন মুহূর্তে চন্দ্রের অবস্থান জানা সহজ ব্যাপার। অতএব চন্দ্রের অবস্থানের দিকে ঢেউ পাঠাইয়া উহা ফিরিয়া আসিতে যে সময় প্রয়োজন সেই সময়কে t দ্বারা এবং আলোর গতিকে c দ্বারা প্রকাশ করিলে চন্দ্রের দূরত্ব d হইবে,

$$d=\frac{1}{2}\,c\,t.$$

এই উপায়ে জানা গিয়াছে যে, পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব ৩৮৪,৪০৩ কিলোমিটার বা ২৩৮,৮৫৭ মাইল। এই দূরত্ব পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে চন্দ্রের কেন্দ্র পর্যন্ত লওয়া হইয়াছে।

(খ) চন্দ্রের ব্যাস নির্ণয়: পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস (angular diameter) নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, ইহার মান ৩১′৫″ হয়। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব এবং কৌণিক ব্যাস হইতে

গোলাকার চন্দ্রের ব্যাস জ্যামিতির নিয়মাবলম্বনে নির্ণয় করা সহজ। নিম্নের চিত্র দেখুন।

২৩৮,৮৫৭ মাইল
৩১'৫" = ১৮৬৫"
ব্যাস
পৃথিবীর কেন্দ্র

যেহেতু চন্দ্রের কৌণিক ব্যাস অতি সামান্য এবং চন্দ্রের দূরত্ব কৌণিক ব্যাসের তুলনায় অনেক বেশী অতএব চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসকে আমরা বৃত্তাংশের সহিত সমান বলিয়া কল্পনা করিতে পারি। যেহেতু একটি বৃত্ত কেন্দ্রের চারিপাশে মোট ৩৬০×৬০×৬০=১,২৯৬,০০০", এবং যেহেতু, $\frac{১৮৬৫}{১২৯৬০০০}=\frac{১}{৬৯৫}$,

সুতরাং যে বৃত্তের ব্যাসার্ধ ২৩৮,৮৫৭ মাইল সেই বৃত্তের পরিসীমাকে $\frac{১}{৬৯৫}$ দ্বারা গুণ করিলে চন্দ্রের ব্যাস পাওয়া যাইবে।

$$\text{চন্দ্রের ব্যাস} = \frac{২\pi\times(২৩৮,৮৫৭)}{৬৯৫} = ২১৬০ \text{ মাইল (প্রায়)}$$

সাধারণভাবে প্রকাশ করিলে আমরা নিম্নরূপ যুক্তি ব্যবহার করিতে পারি। মনে করুন একটি জ্যোতিষ্কের (গ্রহ, উপগ্রহ) কৌণিক ব্যাস α'' এবং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে উহার দূরত্ব R মাইল, তাহা হইলে জ্যোতিষ্কের ব্যাস, d হইবে, $d=\frac{\alpha R}{২০৬,২৬৫}$

চন্দ্র সম্পূর্ণরূপে গোলাকার নহে বলিয়া উপরোক্ত ব্যাস নির্ভুল নহে।

৬৩ চন্দ্রের প্রকৃত কক্ষপথ

এক চান্দ্রমাসের বিভিন্ন সময়ে যদি পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব নির্ণয় করা যায় তাহা হইলে দেখা যায় যে, এই দূরত্বের ন্যূনতম এবং সর্বাধিক মানের ব্যবধান শতকরা ১৪ ভাগ। কেপলারের প্রথম নিয়মানুসারে প্রকৃতপক্ষে চন্দ্র পৃথিবীর চারিদিকে উপবৃত্তাকারে (ellipse) প্রদক্ষিণ করিতেছে। চন্দ্র যখন পৃথিবীর অতি নিকটে আসে

তখন ইহাব দূরত্ব ২২১,৪৬৩ মাইল এবং যখন ইহা পৃথিবী হইতে সর্বাধিক দূবত্বে থাকে তখন ইহাব দূবত্বেব পরিমাণ ২৫২,৭১০ মাইল হইয়া থাকে। কক্ষপথ একটি উপবৃত্ত বলিয়া ইহাব eccentricity-এব মান ১/১৮। Eccentricity বলিতে আমবা ক্ষুদ্রতম এবং বৃহত্তম অক্ষরেখার দৈর্ঘ্যের অনুপাতকে বুঝাই।

সূর্যের আকর্ষণ এবং পৃথিবীব আকর্ষণেব তারতম্যেব জন্য চন্দ্রেব কক্ষপথেব আকার কখনও কখনও পবিবর্তন হয। আমরা পূর্বেই দেখিযাছি যে চন্দ্রের কক্ষপথ, পৃথিবীব কক্ষপথের সহিত ৫° কোণে অবস্থিত এবং এই কৌণিক দূবত্বেব মধ্যেও প্রভেদ সৃষ্টি হয। ইহা ছাড়া নোডাল বিন্দুগুলিও কক্ষপথেব উপব দিযা পশ্চিম দিকে সবিতে থাকে এবং ১৮·৬ বৎসরে আবাব ফিবিযা আসে। ইহা ছাডা চন্দ্রের কক্ষপথের বৃহত্তব অক্ষরেখা (major axis) প্রতি ৮·৮৫ বৎসবে দিক পবিবর্তন কবে।

উপবিল্লিখিত নানারূপ পরিবর্তনেব ফলে চন্দ্রেব কক্ষপথ প্রকৃত উপবৃত্ত হইতে বেশ খানিকটা বিকৃত হইযা থাকে। চন্দ্রগ্রহণেব সময নির্ণযের ব্যাপারে এই বিকৃতিকে অবহেলা করা চলে না। এইজন্য বৈজ্ঞানিকেবা ২৭·২১২২ দিনে একটি nodical চান্দ্রমাস এবং ২৭·৫৫৫ দিনে একটি anomalistic চান্দ্রমাস ধরিযা থাকেন।

চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দূবত্ব, পৃথিবী হইতে সূর্যেব দূরত্বেব মাত্র ১/৩৯০ অংশ। পৃথিবীব চারিদিকে কক্ষপথে আবর্তনশীল চন্দ্রেব গতিবেগ প্রতি ঘণ্টায ২২৮৭ মাইল। অথবা প্রতি সেকেণ্ডে ৫/৮ মাইল। এই গতিবেগ পৃথিবীর গতিবেগেব ১/৩০ অংশ। সূর্যেব তুলনায যদি চন্দ্রেব ভ্রমণ-পথ অংকন করা হয তাহা হইলে ইহা পৃথিবীব কক্ষপথ হইতে সামান্য পৃথক বলিযা মনে হইবে। পরস্পবেব আকর্ষণেব প্রভাবে দুইটি বস্তুর মধ্যে বৃহত্তবটি স্থির থাকিবে এবং ক্ষুদ্রতবটি ইহাব চারিপাশে আবর্তন কবিবে ইহা সম্ভব নহে। প্রকৃতপক্ষে উভয বস্তুই তাহাদের বস্তুকেন্দ্র (centre of mass)-এব চারিদিকে ঘুরিতে থাকে। এই বস্তুকেন্দ্রকে Bary centre বলা হয। পৃথিবী এবং চন্দ্রেব কেন্দ্র

সংযোগকারী সবলরেখার উপর উহাদের বস্তুকেন্দ্র বা Bary centre অবস্থিত। ইহা পৃথিবীর নিকটে অবস্থিত থাকে। প্রকৃতপক্ষে এই Bary centre-ই সূর্যের চারিদিকে উপবৃত্তাকারে পরিভ্রমণ করে। বিন্দুটি কিন্তু একটি কাল্পনিক বিন্দুবিশেষ। আবার এই Bary centre-কে কেন্দ্র করিয়া উহার চারিদিকে চন্দ্র-পৃথিবী এক সাইডেরিয়াল মাসে (প্রায় ২৭ দিন) ঘুরিয়া আসিতেছে। পৃথিবী-কেন্দ্র হইতে Bary centre এর দূরত্ব প্রায় ২৯০৩ মাইল। চন্দ্র-পৃথিবীর এই আবর্তন ফল মঙ্গল গ্রহের অবস্থান হইতে বুঝিতে পারা যায়। এই গ্রহ প্রতি মাসে ইহার আবর্তন পথ হইতে কখনও একটু দূরে এবং কখনও একটু নিকটে সরিয়া আসে। ইহার পরিমাণ প্রায় ১৭″।

৬৪ চন্দ্রে বস্তুর পরিমাণ (Mass of the moon)

দুইটি জ্যোতিষ্কের বস্তুর পরিমাণ উহাদের Bary centre হইতে দূরত্বের সহিত বিপরীত অনুপাত প্রকাশ করে। পৃথিবী এই Bary centre হইতে যতটা দূরে, চন্দ্র তদপেক্ষা ৮১.৩ গুণ বেশী দূরে অবস্থিত। অতএব পৃথিবীর বস্তুর তুলনায় চন্দ্রের বস্তুর পরিমাণ ৮১.৩ গুণ কম হইবে। কিন্তু পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণ ৬.৬×১০^{২১}। অতএব চন্দ্রের বস্তুর পরিমাণ $\frac{৬.৬ \times ১০^{২১}}{৮১.৩} = ৮.১ \times ১০^{১৯}$ টন।

অনেক সময় ক্ষুদ্রতর গ্রহের উপর চন্দ্রের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবের জ্ঞান হইতে চন্দ্রের বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব। ইহা অনুমান করা হইতেছে যে, মানব নির্মিত উপগ্রহ (স্পুটনিক)-গুলির সাহায্যে চন্দ্রের বস্তুর পরিমাণ অধিকতর নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হইবে।

(ক) চন্দ্রের বস্তুর গড়পড়তা ঘনত্ব (Mean density): চন্দ্রের বস্তুর পরিমাণকে উহার আয়তন দ্বারা ভাগ করিলে আমরা গড়পড়তা ঘনত্ব নির্ণয় করিতে পারি। এইরূপে দেখা যায় যে চন্দ্রে অবস্থিত বস্তু গড়ে পানি (water) অপেক্ষা ৩.৩৪ গুণ বেশী ভারী। ইহা পৃথিবীর ঘনত্বের প্রায় শতকরা ৬১ ভাগ।

(খ) চন্দ্রে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ (gravity of the moon) : আমরা জানি যে ভূ-পৃষ্ঠে মাধ্যাকর্ষণের শক্তির ফলে যে-কোন বস্তুর উপর যে acceleration বা এক একক বস্তুর উপর যে বল (force) উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ a হইলে

$$a = G.\frac{M}{R^2}$$

এখানে G=মাধ্যাকর্ষণের সংখ্যা, M=পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণ এবং R=পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

যেহেতু চন্দ্রের বস্তুর পরিমাণ পৃথিবীর বস্তুর ০ ০১২৩ অংশ এবং ইহার ব্যাসার্ধ পৃথিবীর ব্যাসার্ধের ০ ২৭৩, অতএব চন্দ্রের উপরিভাগের মাধ্যাকর্ষণজনিত acceleration a' হইলে

$$\frac{a'}{a} = \frac{\text{১/৮১}}{(\text{০'২৭৩})^2} = \text{০ ১৬৫} = \frac{1}{6} \text{ প্রায়।}$$

ইহার অর্থ এই যে, ভূ-পৃষ্ঠে যে পদার্থের ওজন ৬ টন পরিমাণ হইবে উহা চন্দ্র-পৃষ্ঠে মাত্র ১ টন ওজনের বল (force) অনুভব করিবে এবং ভূ-পৃষ্ঠে কোন উচ্চ স্থান হইতে একটি প্রস্তর ছাড়িয়া দিলে যতটা জোরে ভূ-পৃষ্ঠে আসিতে থাকিবে চন্দ্র-পৃষ্ঠে তদপেক্ষা ৬ ভাগ জোরে নামিতে থাকিবে।

(গ) Escape velocity : যদি একটি পদার্থ অপর একটি পদার্থের চারিদিকে এমন গতিতে ভ্রমণ করিতে থাকে যেন দ্বিতীয় পদার্থের তুলনায় প্রথম পদার্থের পথ একটি প্যারাবোলার আকার ধারণ করে তাহা হইলে প্রথম পদার্থটি দ্বিতীয় পদার্থের চারিদিকে আবর্তন কালে ইহার মাধ্যাকর্ষণের প্রভাব মুক্ত হইয়া দ্বিতীয় পদার্থকে ছাড়িয়া চলিয়া যাইবে। প্রথম পদার্থের এমন গতিকে Escape velocity বলে।

মনে করুন দুইটি পদার্থের বস্তুর পরিমাণ যথাক্রমে m_1 এবং m_2 উহাদের মধ্যে দূরত্ব r এবং উহাদের একটির অপরটির তুলনায় আপেক্ষিক বেগ V। যদি

$$V^2 = G(m_1+m_2).\frac{2}{r} \text{ হয়,}$$

তাহা হইলে এক পদার্থ অন্য পদার্থের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাব হইতে সম্পূর্ণরূপে মুক্ত হইবে।

এখন মনে করুন যে, m_1-এর তুলনায় m_2-এর মান অত্যন্ত নগণ্য। এক্ষেত্রে আমরা পাই যে বৃহৎ একটি গোলাকার পদার্থ (পরিমাণ M)-এর উপরিভাগ হইতে একটি ক্ষুদ্র পদার্থকে যদি

$$V=\sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

গতি বেগ লইয়া ছুঁড়িয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে ইহা বৃহৎ পদার্থের মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবমুক্ত হইয়া চলিয়া যাইবে। চন্দ্র হইতে ২·৩৮ কিলোমিটার অথবা ১২ মাইল বেগে একটি পদার্থকে ছুঁড়িয়া দিলে উহা চন্দ্রের মাধ্যাকর্ষণ ত্যাগ করিয়া যাইবে।

৩.৫. চন্দ্রের বায়ুমণ্ডল

আমাদের ভূ-পৃষ্ঠে যে বায়ুমণ্ডল অবস্থিত সেই বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন উপাদান যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি নির্দিষ্ট গতিবেগে (mean velocity) বায়ুমণ্ডলের মধ্যে চলাফেরা করে। ভূ-পৃষ্ঠে হাইড্রোজেন গ্যাসের গতিবেগ ভূ পৃষ্ঠের escape velocity অপেক্ষা প্রায় ৫ গুণ অধিক। এই escape velocity-এর পরিমাণ প্রতি সেকেণ্ডে ৭ মাইল। অতএব হাইড্রোজেন গ্যাস পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলে থাকিতে পারে না। কিন্তু নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন গ্যাসের গতিবেগ ভূ-পৃষ্ঠে escape velocity অপেক্ষা ১৪ গুণ কম। অতএব বায়ুমণ্ডলে এই দুই প্রকার গ্যাস আমরা দেখিতে পাই। যাহা হউক চন্দ্র-পৃষ্ঠের escape velocity-এর তুলনায় অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন গ্যাসের গতিবেগ অধিক হওয়ায় চন্দ্রের বায়ুমণ্ডলে ইহারা টিকিতে পারে না। এই যুক্তি এবং চন্দ্র-পৃষ্ঠে সূর্য কিরণের বিচ্ছুরণ (Scattering) হইতে প্রমাণ হয় যে চন্দ্রে কোন বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব নাই। এই বায়ুমণ্ডলের অভাবের ফলে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কোন বায়ুচাপের অস্তিত্ব নাই। আমরা জানি যে পানিকে নিম্নস্থান হইতে উচ্চস্থানে লইলে সহজেই (অল্প তাপে) বাষ্পে পরিণত করা যায়। ইহার কারণ এই যে বায়ুচাপ কমিয়া গেলে পানির boiling

তাপমাত্রা কমিযা যায। চন্দ্রে বায়ুচাপের অভাবে পানি সহজেই বাষ্প হইযা যাইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে, চন্দ্রে বায়ুমণ্ডলের অভাবে পানির অস্তিত্ব সম্ভব নহে।

বায়ুমণ্ডল এবং পানির অভাবে চন্দ্রে কোন আবহাওযা থাকিতে পারে না। সেখানে কোন মেঘ, বৃষ্টি, বরফ বা কুযাশা প্রভৃতির অস্তিত্ব থাকিবে না।

৬.৬. চন্দ্রে তাপের প্রকারভেদ

আপন মেরুদণ্ডের উপর চন্দ্র প্রায ২৯½ দিনে একবার ঘুরিযা আসে। সুতরাং চন্দ্র-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানে প্রায দুই সপ্তাহ ধরিযা সূর্য-কিরণ পতিত হয। বায়ুমণ্ডলের অভাবে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত এই সূর্য-কিরণ চন্দ্র-পৃষ্ঠের তাপমাত্রা ১০০° সে. অপেক্ষা অধিক হইযা থাকে। অন্যদিকে চন্দ্র গ্রহণের সময চন্দ্রের তাপমাত্রার পরিমাণের জ্ঞান হইতে গণনা করিযা দেখা গিযাছে যে, চন্দ্র-পৃষ্ঠের অন্ধকারাচ্ছন্ন স্থানের তাপমাত্রা —১৭৩° সে. পর্যন্ত নামিযা আসে।

Radio wave দ্বারা সঙ্কেত পাঠাইযা চন্দ্রের অভ্যন্তর ভাগের তাপমাত্রার জ্ঞান পাওয়া গিযাছে। ইহাতে দেখা যায যে, চন্দ্রের অভ্যন্তর ভাগের তাপমাত্রা —১০° সে. হইতে —৪০° সে. এর মধ্যে সীমাবদ্ধ।

চন্দ্রের উপরিভাগের তাপমাত্রা এবং অভ্যন্তরভাগের তাপমাত্রার মধ্যে যে অত্যধিক প্রভেদ দেখা যায তাহার কারণ বোধ হয এই যে, চন্দ্র-পৃষ্ঠ কোন প্রকার আগ্নেযভস্ম দ্বারা অত্যন্ত গভীরভাবে আবৃত আছে।

৬.৭. চন্দ্রের উপরিভাগের রূপ (Surface features of the moon)

(ক) টেলিস্কোপের সাহায্যে চন্দ্র-পৃষ্ঠ দর্শন: আমরা নগ্ন চোখে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কতকগুলি অস্পষ্ট চিহ্ন লক্ষ্য করিযা থাকি। গ্যালিলিও তাঁহার টেলিস্কোপের সাহায্যে চন্দ্র-পৃষ্ঠে পর্বত আগ্নেযগিরির গহ্বর, উপত্যকা প্রভৃতি লক্ষ্য করেন। আমরা পূর্বে আলোচনা করিযাছি যে, চন্দ্রে পানির অস্তিত্ব নাই। গ্যালিলিও চন্দ্রে যে সমুদ্রের অস্তিত্ব অনুভব

করিয়াছিলেন উহা প্রকৃতপক্ষে সমুদ্র নহে। যাহা হউক অধুনাকালেও চন্দ্রে বৃহৎ বৃহৎ চিহ্নিত স্থানগুলিকে সমুদ্র বা "Maria" নামে আখ্যা দেওয়া হয়। এই সমস্ত Maria-এর কোন কোনটি প্রায় ৫০০ হইতে ৭০০ মাইল পর্যন্ত প্রশস্ত। চন্দ্রে বায়ুমণ্ডল এবং পানির অভাবে চন্দ্র-পৃষ্ঠের রূপ যে কিরূপ হইবে তাহা পৃথিবী হইতে অনুমান করা কঠিন।

(খ) চন্দ্রের পাহাড় (lunar mountains) : চন্দ্র-পৃষ্ঠে কয়েকটি পাহাড় বা পরস্পর সংলগ্ন পাহাড়-শ্রেণী লক্ষ্য করা যায়। ইহাদিগকে পৃথিবীর পাহাড় পর্বতের নামানুকরণে Alps, Apennines, Carpathians প্রভৃতি নামে অভিহিত করা হইয়াছে। বায়ুমণ্ডল ও পানির অভাবে এই সমস্ত পাহাড়ের আকৃতি পৃথিবীস্থ পাহাড়াদির আকৃতি হইতে সম্পূর্ণ পৃথক।

এই সমস্ত পাহাড়ের উচ্চতা কত তাহা তাহাদের দ্বারা প্রতিফলিত ছায়া হইতে নির্ণয় করা যায়।

সর্বপ্রথম ১৯৫৯ খ্রীস্টাব্দের ৪ঠা অক্টোবর সোভিয়েট রকেটের সাহায্যে চন্দ্রের অদৃশ্য অংশের ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা সম্ভব হইয়াছে। এই ফটোগ্রাফ রেডিও signal-এর সাহায্যে ২৭৫,০০০ মাইল দূরবর্তী স্থান হইতে পৃথিবীতে পাওয়া গিয়াছিল। ইহাতে দেখা যায় যে, মোটামুটিভাবে চন্দ্রের উভয় অংশের আকৃতি প্রায় একইরূপ।

প্রশ্নমালা - ৬

১। চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দিকে লক্ষ্য করিলে কোন্ অবস্থানে পৃথিবীকে উজ্জ্বলতম মনে হইবে ?

২। পৃথিবীর পঞ্জিকা অনুযায়ী যদি চন্দ্রের সাইডেরিয়াল মাস চার মাসের সমান হয় তাহা হইলে কত সময়ে চন্দ্রের সাইনডিক মাস হইবে ?

৩। এক বৎসরে সাইনডিক মাস অপেক্ষা সাইডেরিয়াল মাসের সংখ্যা কত বেশী এবং কেন ?

৪। সূর্য যখন Vernal equinox-এর নিকটে অবস্থান করে তখন পূর্ণচন্দ্র দৈনিক উত্তর গোলার্ধে এবং দক্ষিণ গোলার্ধে কত দেরীতে উঠে তাহা নির্ণয় করুন।

৫। চন্দ্রের অবস্থান (পৃথিবীর তুলনায়) নির্ণয় করুন যখন

(ক) চন্দ্র বিকাল ৩ ঘটিকায় উদয় হয়;

(খ) চন্দ্র সকাল ৮ ঘটিকায় মধ্যাকাশে আসে,

(গ) চন্দ্র সকাল ১১ ঘটিকায় অস্ত যায়।

৬। ঠিক্ কোন্ সময়ে

(ক) ৭ দিনের চন্দ্র মধ্যাকাশে আসে;

(খ) ২২ দিনের চন্দ্র অস্ত যায়;

(গ) অমাবস্যার চন্দ্র উদয় হয়।

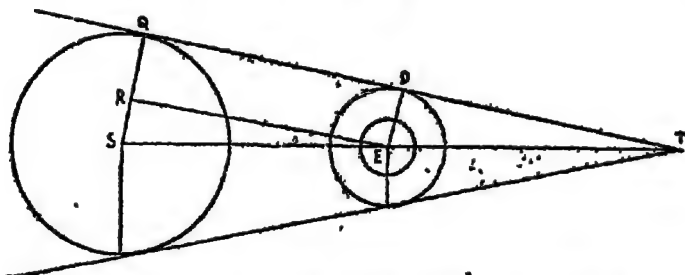
৭। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব ২৩৮,৮৫৭ মাইল হইলে Radar-এর ঢেউ পৃথিবী হইতে চন্দ্রে প্রতিফলিত হইয়া কত সময়ে ফিরিয়া আসিবে?

৮। মঙ্গল গ্রহের দূরত্ব (পৃথিবী হইতে) ৩৫,০০০,০০০ মাইল এবং ইহার কৌণিক ব্যাস ২৪'৮"। ইহার বৈখিক ব্যাস কত?

৯। ভূ-পৃষ্ঠে যে ব্যক্তির ওজন ২০০ পাউণ্ড চন্দ্র-পৃষ্ঠে তাঁহার ওজন কত হইবে?

১০। চন্দ্রের বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব যদি ৪ গুণ বেশী হইত তাহা হইলে চন্দ্র-পৃষ্ঠে কোন বস্তুর escape velocity কত হইত?

৭.২. ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয়

কোন গোলাকার পদার্থে সূর্যকিরণ পতিত হওয়ায় যে ছায়া সৃষ্টি হয় তাহার দৈর্ঘ্য সহজেই নির্ণয় করা যায়।

উপরের চিত্রে QDT একটি স্পর্শক অঙ্কন করা হইয়াছে। বড় বৃত্তটি সূর্য এবং ছোট বৃত্তটি পৃথিবী বা চন্দ্র বর্ণনা করিতেছে। ER এবং QD পরস্পর সমান্তরাল সরলরেখা। ET ছায়ার দৈর্ঘ্য। ET নির্ণয় করিতে হইবে।

যেহেতু, RS, ED এর সমান্তরাল

SE, ET-এর সমান্তরাল

RE, QDT-এর সমান্তরাল

অতএব, $\triangle$ RES এবং DTE ত্রিভুজ দুইটি অনুরূপ (similar)।

অতএব, $\frac{ET}{SE} = \frac{ED}{SR}$

এখানে, SE= সূর্য-কেন্দ্র হইতে পৃথিবীর কেন্দ্রের দূরত্ব।

ED= পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

SR= সূর্য এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধের প্রভেদ।

সুতরাং, ET= ছায়ার দৈর্ঘ্য= $\frac{(\text{সূর্য দূরত্ব})\times(\text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ})}{(\text{উভয়ের ব্যাসার্ধের প্রভেদ})}$

আমাদের ক্ষেত্রে,

SE= ৯৩,০০০,০০০ মাইল

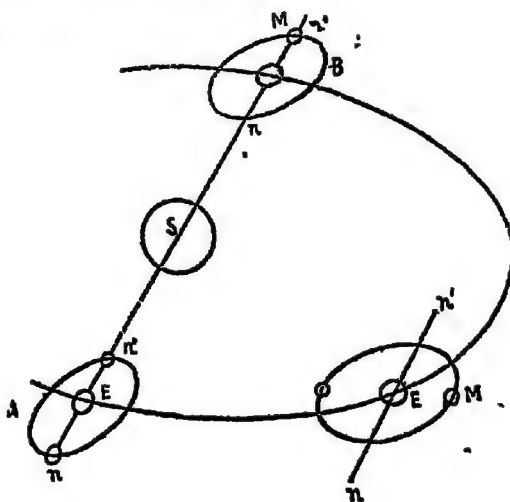
ED= ৩৯৬৩ মাইল

SR= (৪৩২,০০০—৩৯৬৩)=৪২৮০৩৭ মাইল

$\therefore$ ET= $\frac{৯৩,০০০,০০০\times৩৯৬৩}{৪২৮০৩৭}$

= ৮৬০,০০০ মাইল (প্রায়)।

৭ ৩ গ্রহণ সময় (Eclipse seasons)

সূর্য গ্রহণের সময় চন্দ্রকে পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসিতে হইবে। অতএব ইহা অমাবস্যার সময়। আবার চন্দ্র যখন পৃথিবীর ছায়া কোণে আসে তখন চন্দ্র গ্রহণ সংঘটিত হয়। এইজন্য চন্দ্রকে পৃথিবীর যে দিকে সূর্য আছে তাহার বিপরীত দিকে আসিতে হইবে। অতএব চন্দ্র গ্রহণ পূর্ণিমার সময় ঘটিয়া থাকিবে। যদি চন্দ্রের কক্ষপথ ও পৃথিবীর কক্ষ-পথ একই সমতলে অবস্থান করিত তাহা হইলে আমরা প্রতি অমাবস্যায় সূর্য গ্রহণ এবং প্রতি পূর্ণিমায় চন্দ্র গ্রহণ দেখিতে পাইতাম। কিন্তু চন্দ্রের কক্ষপথের তল, পৃথিবীর কক্ষপথের তলের সহিত 5° কোণে অবস্থিত। অতএব চন্দ্র, পৃথিবী সূর্যের কেন্দ্রগুলি প্রতি অমাবস্যা এবং পূর্ণিমায় সমরেখ (একই সরলরেখায়) থাকে না। এই সময় চন্দ্রের কেন্দ্র, পৃথিবী ও সূর্যের 'কেন্দ্রদ্বয় দিয়া অঙ্কিত কাল্পনিক সরলরেখার একটু উত্তরে কিংবা একটু দক্ষিণে অবস্থান করে।

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে, চন্দ্রের কক্ষতল, পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত নোডাল বিন্দুতে ছেদ করে। যদি চন্দ্র এই নোডাল বিন্দুতে অবস্থান

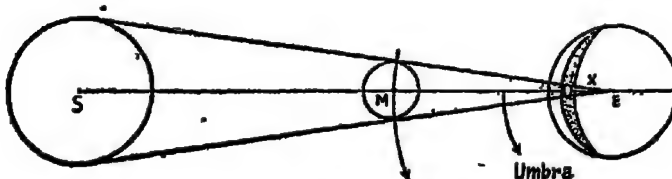
কবিবাব সময অমাবস্তা বা পূর্ণিমা ঘটিবার সুযোগ হয তখন আমবা সূর্যগ্রহণ বা চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য কবিবাব সুযোগ পাইব।

পৃথিবীব কেন্দ্র এবং নোডাল বিন্দুব মধ্য দিবা অঙ্কিত কাল্পনিক বেখাকে নোডাল লাইন (nodal line) বলে। এই নোডাল লাইন সাধাবণতঃ এক বৎসবে মোটামুটি একইভাবে হেলিযা থাকে। অতএব পূর্ব-পৃষ্ঠাব চিত্রেব A এবং B অবস্থানে যখন চন্দ্রেব (M) পূর্ণিমা বা অমাবস্তা সংঘটিত হয তখন আমবা চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ দেখি। সাধাবণতঃ বৎসবে আমবা একটা চন্দ্রগ্রহণ এবং একটা সূর্যগ্রহণ লক্ষ্য কবি। এই সমযকে গ্রহণ কাল (eclipse season) বলে।

৭৪. সূর্যগ্রহণ (Eclipses of the Sun)

যদিও চন্দ্রেব তুলনায় সূর্য ৪০০ গুণ বড আমবা আকাশে উভযকেই একই আকাবে দেখিতে পাই। ইহাব কাবণ এই সূর্য পৃথিবী হইতে চন্দ্রেব দূবত্বেব তুলনায ৪০০ গুণ দূবে অবস্থিত। ইহা প্রকৃতিব নানা বিস্ময়েব একটি।।

চন্দ্র এবং সূর্যেব আকাব সময সময পবিবর্তিত অবস্থায আমবা দেখিতে পাই। পৃথিবীব কেন্দ্র হইতে দেখিলে সূর্যেব কৌণিক ব্যাস গড়ে ৩১´৫৯´´ এবং চন্দ্রেব কৌণিক ব্যাস ৩১´৫´´ পবিমিত হইযা থাকে। কিন্তু সূর্যের কৌণিক ব্যাস গড়ে শতকবা ১·৭ ভাগ এবং চন্দ্রেব কৌণিক ব্যাস শতকবা ৭ ভাগ বৃদ্ধি পায়। ফলে চন্দ্রেব কৌণিক ব্যাস বৃদ্ধি পাইযা ৩৩´১৬´´ পর্যন্ত হইতে পাবে। এই মান সূর্যেব কৌণিক ব্যাস অপেক্ষা অনেক বেশী। অতএব চন্দ্র যদি পৃথিবী হইতে নিকটতম দূবত্বে

S M x E Umbra

সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse of Sun)

অবস্থান করিয়া সূর্যগ্রহণ ঘটায় তাহা হইলে চন্দ্রের ছায়ায় সূর্য সম্পূর্ণরূপে আচ্ছন্ন হইবার সম্ভাবনা থাকে। এই অবস্থায় আমরা সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse) দেখি।

সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ (Total eclipse of sun): এই অবস্থায় সূর্য, চন্দ্রকক্ষের নোডাল লাইন বরাবর অবস্থান করিবে এবং চন্দ্র পৃথিবী হইতে এমন দূরে অবস্থান করিবে যেন চন্দ্রের Umbra (চিত্র দেখুন) ভূ-পৃষ্ঠ ছেদ করে। মনে করুন ভূ-পৃষ্ঠস্থ কোন স্থান X চন্দ্রের Umbra-এর মধ্যে অবস্থান করে। এই স্থান হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। আবার চন্দ্রের Penumbra অধিকতর স্থান লইয়া বিস্তৃত বলিয়া ঐ সমস্ত এলাকা হইতে সূর্যের আংশিক গ্রহণ দেখা যাইবে।

চন্দ্র ইহার কক্ষপথে ঘণ্টায় ২১০০ মাইল গতিতে পূর্বদিকে সরিয়া যায়। সুতরাং ইহার ছায়া পৃথিবীর উপর দিয়া ঐ গতিতে পূর্বদিকে সরিতে থাকিবে। কিন্তু পৃথিবীও পূর্বদিকে আপন মেরুদণ্ডে ঘুরিতেছে। বিষুব রেখার উপর পৃথিবীর এই আহ্নিক গতি ঘণ্টায় ১০৪০ মাইল। অতএব এই সমস্ত স্থানে চন্দ্রের ছায়া ঘণ্টায় ১০৬০ মাইল বেগে সরিয়া যাইতেছে। যাহা হউক চন্দ্রের Umbra-এর যে অংশ পৃথিবীর উপর পতিত হয় সেই অংশ একটি অঙ্গুরীবৎ ভূ-পৃষ্ঠ প্রদক্ষিণ করে। ইহাকে গ্রহণ-পথ (eclipse path) বলা হয়। এই অঙ্গুরীর উভয় পার্শ্বে প্রায় ২০০০ মাইল পর্যন্ত আংশিক সূর্যগ্রহণ পরিলক্ষিত হইবে।

পূর্ণ সূর্যগ্রহণ বিজ্ঞানের দৃষ্টিভঙ্গীতে একটি বিশেষ ঘটনা। এই সময় নানা প্রকার বৈজ্ঞানিক তথ্য সংগ্রহ করিবার অবকাশ হয়। সূর্যগ্রহণের প্রথম অবস্থায় চন্দ্র যখন সূর্যকে আচ্ছন্ন করিতে আরম্ভ করে তখন আমরা ইহাকে "প্রথম স্পর্শ" (first contact) বলি। ইহার প্রায় এক হইতে দুই ঘণ্টা পর সূর্য সম্পূর্ণরূপে আচ্ছন্ন হয়। এই অবস্থাকে "দ্বিতীয় স্পর্শ" (Second contact) বলে। এই সময় আকাশ কিছুটা অন্ধকারে আচ্ছন্ন হইয়া আসে, কোন কোন ফুলের পাপড়ি বুজিয়া আসে এবং মুরগী ও পাখী সন্ধ্যা ভ্রমে কুলায় আসিতে থাকে। ইহা

ছাড়া আকাশে ও দূরে দিগন্তে রংয়ের পরিবর্তন সাধিত হয়। এই সময় সূর্যের অভ্যন্তর ভাগ আচ্ছন্ন থাকায় আমরা Corona দেখিতে পাই। ইহা সূর্যের বহিরাবরণে যে গ্যাস-পিণ্ড আছে উহা হইতে বিচ্ছুরিত আলো। স্বাভাবিক অবস্থায় আমরা Corona দেখিতে পাই না। যখন পূর্ণ সূর্যগ্রহণ কাল শেষ হইয়া আসে সেই অবস্থাকে "তৃতীয় স্পর্শ (Third contact) বলে।

পূর্ণ সূর্যগ্রহণের সময় আমরা সূর্য এবং চন্দ্রের পরস্পর অবস্থান নিখুঁত-ভাবে নির্ণয় করিতে পারি। এই সময় সূর্যের বহিরাবরণের ফটোগ্রাফ লইয়া উহা হইতে নানা তথ্য জানা যায়। ইহা ছাড়া আবহাওয়া বিজ্ঞানের উপর সূর্যগ্রহণের প্রভাব এবং বায়ুমণ্ডল কর্তৃক কিভাবে আলো বিচ্ছুরিত (scattered) হয় সে সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করিতে পারি।

আরও একভাবে সূর্যগ্রহণ আমাদের বিজ্ঞান চর্চায় সাহায্য করে। "আপেক্ষিক তত্ত্বের" (Theory of Relativity) নিয়মানুসারে আলোর রশ্মি ইহার প্রচার পথে যখন কোন ভারী পদার্থের পার্শ্ব দিয়া যায় তখন ইহার পথ কিছুটা বাঁকিয়া যায়। সূর্যগ্রহণের সময় আকাশে সূর্যের নিকটে অবস্থিত কোন কোন নক্ষত্রকে দেখা যায়। এই সময়ে নক্ষত্রের ফটোগ্রাফ হইতে আমরা আপেক্ষিক তত্ত্বের নিয়মের সত্যতা পরীক্ষা করিতে পারি।

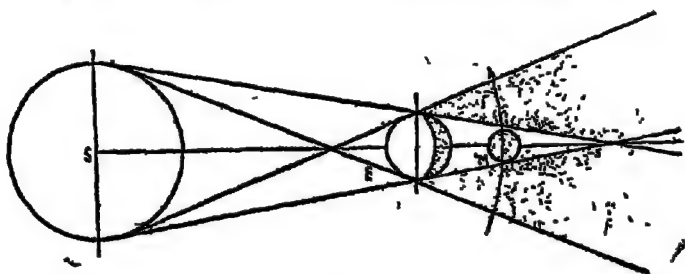
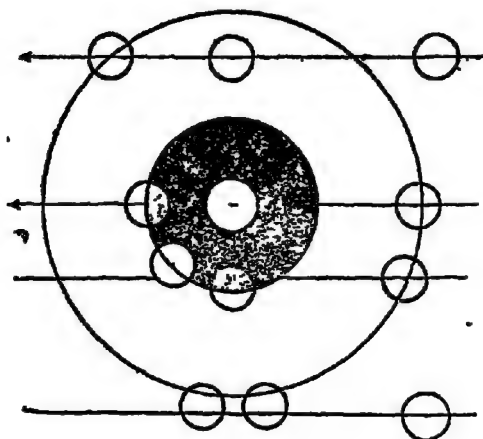
বৎসরের অর্ধেকের অধিক সময় আকাশের চন্দ্রকে সূর্য অপেক্ষা বৃহত্তর দেখা যায় না। ইহার অর্থ এই যে, চন্দ্রের Umbra ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত পৌঁছিতে পারে না। এই সময় যে সূর্যগ্রহণ দেখা যায় উহার আকার অঙ্গুরীবৎ হইয়া থাকে (annular eclipse)। ইহা ছাড়া আংশিক (partial) ভাবে সূর্যগ্রহণও ঘটিয়া থাকে। বৈজ্ঞানিক দিক হইতে ইহাদের প্রয়োজনীয়তা এমন বেশী নহে।

৭৫. চন্দ্রগ্রহণ (Eclipses of the Moon)

পূর্ণিমার রাত্রিতে যখন পৃথিবীর ছায়া (Umbra বা Penumbra) চন্দ্রের উপর পতিত হয় তখন আমরা চন্দ্রগ্রহণ (lunar eclipse) লক্ষ্য করি।

নিম্নের চিত্রে জ্যামিতির সাহায্যে চন্দ্রগ্রহণ বর্ণনা করা হইল।

(ক)

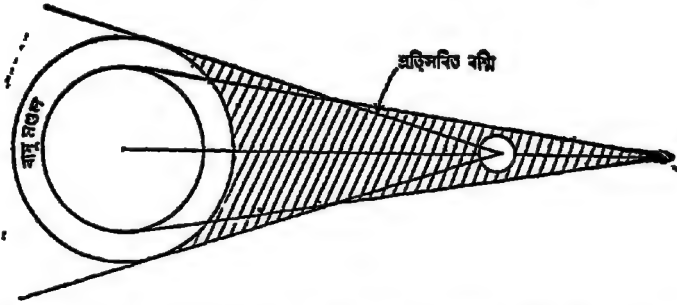
(খ)

দ্বিতীয় চিত্রে চন্দ্রের কক্ষপথ বরাবর একটি সমতলে পৃথিবীর ছায়া পতিত হইয়া (Umbra এবং penumbra কর্তৃক সৃষ্টি) দুইটি গোলাকার এলাকা সৃষ্টি হইয়াছে। পূর্ণিমার দিন চন্দ্রের অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া পূর্ণ (total), আংশিক (partial) অথবা হাল্কা (penumbral) চন্দ্রগ্রহণ লক্ষ্য করা যাইবে। সূর্যগ্রহণ হইতে চন্দ্রগ্রহণের পার্থক্য এই যে সকল স্থান হইতেই চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব। এইজন্য একই স্থানে সূর্যগ্রহণ অপেক্ষা চন্দ্রগ্রহণ সহজে দেখা যায়। চন্দ্রের

দূরত্বে পৃথিবীর ছায়া (Umbra) ৫৭০০ মাইল ব্যাস লইয়া বিস্তৃত। যেহেতু চন্দ্র হইতে পৃথিবীর দূরত্ব কম-বেশী হইয়া থাকে অতএব উপরোক্ত ৫৭০০ মাইল ব্যাস কিঞ্চিদধিক কম-বেশী হইবে। আবার পৃথিবীর হাল্কা ছায়া (Penumbra) চন্দ্রের দূরত্বে প্রায় ১০,০০০ মাইল ব্যাস লইয়া বিস্তৃত থাকে। দ্বিতীয় চিত্রে নানা অবস্থায় চন্দ্রগ্রহণ কিরূপে সংঘটিত হইতে পারে তাহা দেখানো হইয়াছে।

হাল্কা চন্দ্রগ্রহণ সাধারণতঃ নাও দেখা যাইতে পারে। সাধারণতঃ Umbra কোণের কেন্দ্র হইতে ৭০০ মাইল পরিমিত স্থানের মধ্যে চন্দ্র না আসিলে হাল্কা চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব নহে। এই অবস্থায় চন্দ্র-পৃষ্ঠের আলোকের ঔজ্জ্বল্যের তারতম্য খালি চোখে বুঝিতে পারা যায় না কিন্তু ফটোগ্রাফের সাহায্যে বুঝিতে পারা যায়।

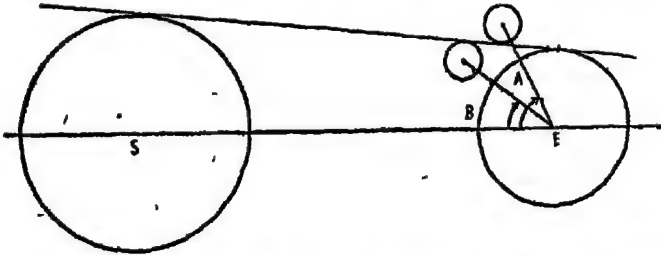
প্রত্যেকটি "পূর্ণ" (tolal) অথবা "আংশিক' (partial) চন্দ্রগ্রহণ ঘটিবার পূর্বে চন্দ্র হাল্কা ছায়ারাজ্যের মধ্য দিয়া অতিক্রম করে। Umbra বা ঘন ছায়ারাজ্যের মধ্যে আসিবার প্রায় ২০ মিনিট সময় পূর্বে চন্দ্র কিছুটা মলিন হইয়া আসে। এই মুহূর্তকে চন্দ্রের "প্রথম স্পর্শ" (first contact) বলে। ইহার পর যতই চন্দ্র ঘনছায়ার মধ্যে প্রবেশ করিতে থাকে ততই সহজে পৃথিবীর বাঁকা ছায়া চন্দ্র-পৃষ্ঠে স্পষ্টরূপে পতিত হইতে দেখা যায়। অ্যারিস্টটল (Aristotle) এই ছায়ার রূপ দেখিয়া বলিয়াছিলেন যে পৃথিবী গোলাকার।

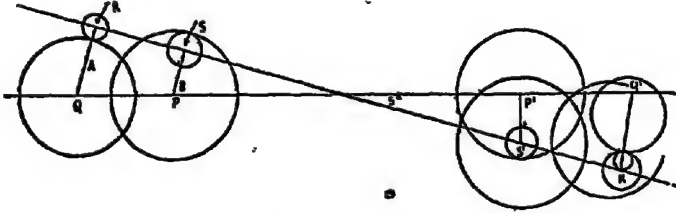
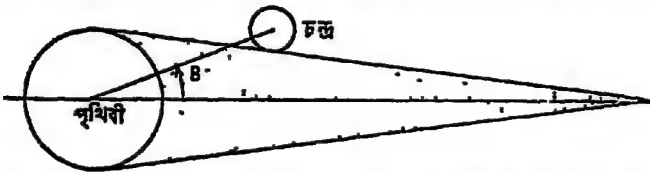
যদি চন্দ্রগ্রহণ আংশিক হয় তাহা হইলে চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়ারাজ্যে সম্পূর্ণরূপে প্রবেশ করিবে না বরং উহার এক অংশ হাল্কা ছায়ারাজ্যে এবং এক অংশ ঘনছায়ারাজ্যে থাকিবে। পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের সময় যখন চন্দ্র সম্পূর্ণভাবে পৃথিবীর ঘনছায়ারাজ্যে প্রবেশ করে সেই অবস্থাকে "দ্বিতীয় স্পর্শ" (Second contact) বলে। যখন সম্পূর্ণরূপে চন্দ্র গ্রহণ করলে পতিত হয় তখন আমরা চন্দ্রকে তাম্রবর্ণ দেখিতে পাই। ইহার কারণ এই যে সূর্য-রশ্মি পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল কর্তৃক প্রতিসরিত (refracted) হইয়া পৃথিবীর ঘনছায়ারাজ্যের অংশবিশেষ আলোকিত করিয়া থাকে। পর-পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন।

যখন চন্দ্র ঘনছায়ারাজ্য অতিক্রম করিয়া বাহিরে আসিতে আরম্ভ করে তখন "তৃতীয় স্পর্শ" (third contact) এবং শেষ মুহূর্তে "শেষ স্পর্শে" (last contact) চন্দ্র সম্পূর্ণরূপে "গ্রহণ" মুক্ত হয়। চন্দ্রের "গ্রহণ কাল" কতক্ষণ হইবে তাহা চন্দ্র ঘনছায়া কৌণের (cone) মধ্যরেখার কত নিকটে আসে তাহার উপর নির্ভর করিবে। ছায়ার তুলনায় চন্দ্রের গতি গড়ে ঘণ্টায় ২১০০ মাইল। যদি চন্দ্র ঘনছায়ার কেন্দ্রে প্রবেশ করিতে সক্ষম হয় তাহা হইলে হাল্কা ছায়ারাজ্যে প্রবেশ মুহূর্ত হইতে আরম্ভ করিয়া প্রায় ৬ ঘণ্টাকাল পৃথিবীর ছায়া-মধ্যে চন্দ্র থাকিবে। পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের সময় প্রায় ১ ঘণ্টা ৪০ মিনিট কাল বিদ্যমান থাকে।

৭৬ গ্রহণ সীমা (Ecliptic limits)

আমরা পূর্বেই আলোচনা করিয়াছি যে, চন্দ্র যখন আপন কক্ষপথে চলিবার সময় নোডাল বিন্দুর সন্নিকটে আসিয়া পূর্ণিমা অথবা অমাবস্যার অবস্থায় (phase) আসে তখন প্রকারভেদে চন্দ্র অথবা সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইয়া থাকে। যদি চন্দ্র, সূর্য এবং পৃথিবী বিন্দুবৎ (points) হইত তাহা হইলে চন্দ্রকে একান্তভাবে নোডাল বিন্দুতে আসিলেই গ্রহণ সম্ভব হইত। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে এই জ্যোতিকগুলির প্রত্যেকেই অতিকায় গোলাকার বস্তু। অতএব চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ ঘটিবার জন্য চন্দ্রের সম্পূর্ণরূপে নোডাল বিন্দুতে আসিবার প্রয়োজন নাই। যদি চন্দ্র নোডাল বিন্দুর কাছাকাছি অবস্থানে আসে তাহা

হইলেই "গ্রহণ" সংঘটিত হইতে পারে। এখন আমাদিগকে নির্ণয় করিতে হইবে যে, "চন্দ্র নোডাল বিন্দুর কত নিকটে থাকিলে 'গ্রহণ' সম্ভব হইবে?"

(ক) সূর্যগ্রহণের সীমা (Solar ecliptic limit): নীচের চিত্র হইতে দেখা যায় যে যদি চন্দ্র, পৃথিবী-সূর্য যোগকারী কোণের মধ্যে আসে তাহা হইলে ভূ-পৃষ্ঠের কোনও স্থানে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। এই অবস্থায় জ্যামিতির সাহায্যে A এবং B কোণ নির্ণয় করা সহজ হইবে। প্রকৃতপক্ষে A কোণের পরিমাণ ১½° এবং B কোণের পরিমাণ ১°।

পর-পৃষ্ঠার চিত্রে পৃথিবীর কক্ষপথের চারিদিকে নোডাল বিন্দুর নিকটবর্তী স্থানসমূহে চন্দ্রের পরিভ্রমণ পথ (কক্ষপথ) দেখানো হইয়াছে। নোডাল বিন্দুকে o দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। চন্দ্রকে ইহার পরিভ্রমণ-পথে চার স্থানে দেখানো হইয়াছে। C চিহ্নিত বৃত্তগুলির দ্বারা সূর্য পৃথিবী যোগকারী কোণের (cone) চন্দ্রের দূরত্বে অভিক্ষেপ বর্ণনা করা হইয়াছে। এই সমস্ত বৃত্তের কেন্দ্রগুলি Q, P, P[1], Q[1] দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। যদি সূর্য Q নামক স্থানে থাকিবার সময় R নামক স্থানে চন্দ্রের অমাবস্যা সংঘটিত হয় তাহা হইলে চন্দ্র এবং সূর্যের কেন্দ্র যোগকারী রেখা A কোণ ব্যবধানে থাকিবে এবং এই সময়ে ভূ-পৃষ্ঠে কোনও না কোন স্থানে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। সেইরূপ Q[1] এবং R[1] অবস্থান বর্ণনা করা যায়। Q Q[1]-এর বাহিরে সূর্যের অবস্থানের সময় অমাবস্যা হইলে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে না। যদি সূর্য P এবং P[1]-এর মধ্যে যে কোন স্থানে অবস্থান করিবার সময় S, S[1] স্থানে চন্দ্রের অমাবস্যা ঘটে তাহা হইলে সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। OQ অথবা OQ[1]-এর কৌণিক

দূরত্বকে "গ্রহণ সীমা" (Ecliptic limit) বলে। ইহা সহজেই নির্ণয় করা যায় যে, QQ^1 এবং PP^1-এর কৌণিক দূরত্ব যথাক্রমে ১৭° এবং ১০°।

(খ) চন্দ্রের গ্রহণ-সীমা (lunar ecliptic limits): সূর্যের আলোক পৃথিবীর উপর পতিত হইয়া বিপরীত দিকে যে ঘনছায়ার কোণ (Umbra cone) সৃষ্ট হয় উহার কেন্দ্রীয় সরলরেখা ecliptic-এর উপরিস্থ সূর্যের অবস্থানের বিপরীত দিকের বিন্দুর মধ্য দিয়া যায়। সুতরাং পূর্ণিমার সময় চন্দ্র যদি ecliptic (এক্লিপটিক)-এর নিকটে (অর্থাৎ নোডাল বিন্দুর নিকটে) অবস্থান করে তাহা হইলে ইহা এই ঘনছায়ারাজ্যে প্রবেশ করিতে পারে এবং ইহার ফলে চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব হয়। নিম্নের চিত্রে চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়াকে স্পর্শ করিয়াছে। অতএব যদি চন্দ্রের অবস্থান B কোণের অধিক হয় তাহা হইলে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব নহে। B কোণের পরিমাণ ১° অপেক্ষা সামান্য কম। পৃথিবীর ঘনছায়ার কেন্দ্রীয় সরলরেখা এবং সূর্য-নোডাল বিন্দু যোগকারী সরলরেখার অভ্যন্তরস্থ যে বৃহত্তম কোণের জন্য চন্দ্র ঐ কেন্দ্রীয় সরলরেখার B কোণের মধ্যে অতিক্রম করিতে পারে সেই বৃহত্তম কোণের পরিমাণকে চন্দ্রের গ্রহণ-সীমা (lunar ecliptic limit) বলে। সূর্যের গ্রহণ-সীমার মতই চিত্রের সাহায্যে এই সীমা নির্ণয় করিয়া দেখানো যায় যে, ইহার মান ৯°৩০′ এবং ১২° ১৫′-এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকিবে।

৭.৭. গ্রহণাবলীর পুনরাবৃত্তি (Recurrence of Eclipses)

পুরাতনকালের জ্যোতির্বিদেরা লক্ষ্য করিয়াছিলেন যে, নিয়মিত-ভাবে একই সময় পর পর একইরূপ চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইয়া থাকে। গ্রহণ সময়ের এই নিয়ম লক্ষ্য করিয়া তাঁহারা ভবিষ্যতের গ্রহণ-কাল নির্ণয় করিতে সক্ষম হইয়াছিলেন।

একইরূপ 'গ্রহণ' কখন সম্ভব: একবার চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণের পর পুনরায় কখন অনুরূপ গ্রহণ সম্ভব হইবে যদি, (১) চন্দ্র আবার পূর্ণিমা অথবা অমাবস্যার অবস্থায় ফিরিয়া আসে, (২) চন্দ্র নোডাল বিন্দু হইতে সমান দূরে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে এবং (৩) সূর্য ও চন্দ্র পৃথিবী হইতে একই দূরত্বে ফিরিয়া আসে। অর্থাৎ আজ যে অবস্থায় চন্দ্র বা সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইল ঠিক আবার যখন চন্দ্র, পৃথিবী এবং সূর্য পরস্পর অনুরূপ অবস্থায় ফিরিয়া আসিবে তখন অনুরূপ গ্রহণ সংঘটিত হইবে।

আমরা প্রথমে (১) এবং (২) নং শর্তগুলি বিবেচনা করি। চন্দ্রকে একই অমাবস্যা বা পূর্ণিমার অবস্থায় ফিরিয়া আসিতে কয়েকটি পূর্ণ সাইনডিক মাস অতিক্রম করিতে হইবে। আবার ইহার কক্ষপথে নোডাল বিন্দু হইতে একই দূরত্বে আসিতে হইলে কয়েকটি পূর্ণ-সংখ্যক নোডাল মাস অতিক্রম করিতে হইবে।

এখন সাইনডিক মাসের সময় ২৯·৫৩০৬ দিন এবং নোডাল মাসের সময় ২৭·২১২২ দিন। কিন্তু ৪৭ সাইনডিক মাস এবং ৫১ নোডাল মাস প্রায় সমান অর্থাৎ

$$৪৭ \times ২৯{\cdot}৫৩০৬ = ১৩৮৭{\cdot}৯৩৮ \text{ দিন}$$

$$৫১ \times ২৭{\cdot}২১২২ = ১৩৮৭{\cdot}৮২২ \text{ দিন।}$$

মনে করুন আজ একটি সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হইল, আজ হইতে ৪৭ তম অমাবস্যায় চন্দ্র একই নোডাল বিন্দু সংলগ্ন স্থান হইতে দশমাংশ দিনের পথ দূরে থাকিবে। যেহেতু চন্দ্র ১ পূর্ণ দিনে মাত্র ১৩° দূরে সরিয়া যায়। অতএব দ্বিতীয় অনুরূপ সূর্যগ্রহণ ঘটিবার সময় চন্দ্র ও সূর্য নোডাল বিন্দুর তুলনায় পূর্বাবস্থা হইতে মাত্র ১° তফাতে

থাকিবে। এইরূপে আবার ৪৭ সাইনডিক মাস পরে তৃতীয় সূর্য গ্রহণের সময় চন্দ্র আবার ১° দূরে সরিয়া যাইবে। এইরূপে চন্দ্রের আপেক্ষিক অবস্থান একদিক হইতে অন্যদিকের গ্রহণ সীমার মধ্যে প্রায় ৩৫° পার্থক্য হইতে প্রায় ৩০ টি অনুরূপ গ্রহণ ঘটিয়া থাকিবে।

পূর্ববর্তী আলোচনায় ৪৭ সাইনডিক মাস পর পর যে গ্রহণ দেখা যাইবে সেই গ্রহণগুলির কোনটা পূর্ণ (total) কোনটা অঙ্গুরীবৎ (annular) দেখা যাইবে। ইহাদের পর পর দুইটি গ্রহণই পূর্ণ বা অঙ্গুরীবৎ দেখা যাইতে পারে তখনই যখন সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের পরস্পর আপেক্ষিক দূরত্ব পুরাতন অবস্থায় ফিরিয়া আসে। চন্দ্র ও পৃথিবীর কক্ষপথগুলি উপবৃত্তাকার বলিয়া চন্দ্র পৃথিবী হইতে সমান দূরে অবস্থিত নহে। পৃথিবীর নিকটতম দূরত্বে চন্দ্র প্রায় ২৭ ৫৫৪৫৫ দিনে ফিরিয়া আসে। ইহাকে (anomalistic) অ্যানোম্যালিস্টিক মাস বলে। দেখা যায় যে,

২২৩ সাইনডিক মাস =৬৫৮৫ ৩২১ দিন

২৪২ নোডাল মাস =৬৫৮৫ ৩৫৭ দিন

২৩৯ অ্যানোম্যালিস্টিক মাস=৬৫৮৫ ৫৩৮ দিন

অতএব, আমরা আশা করিতে পারি যে, ২২৩ সাইনডিক মাস পর সূর্য ও চন্দ্রগ্রহণগুলি পর্যায়ক্রমে একইভাবে ঘটিতে থাকিবে। ইহার সময় প্রায় ১৮ বৎসর। এই সময়ের ব্যবধানকে 'Chaldean Saros' বা 'স্যারোস্' বলে। অর্থাৎ প্রায় ১৮ বৎসর পর পর চন্দ্র ও সূর্যগ্রহণগুলি একইভাবে এবং প্রায় একই সময়ে ঘটিতে থাকিবে। ১৯৩৭, ১৯৫৫ সালের পূর্ণ সূর্যগ্রহণ সম্বন্ধে আমরা জানি। আবার ১৯৭৩ সালে অনুরূপ সূর্যগ্রহণ ঘটিবে।

৭৮ 'গ্রহণ'-সংশ্লিষ্ট অন্যান্য নৈসর্গিক ঘটনাবলী (Related Phenomenon)

(ক) অকালটেশন: এ পর্যন্ত সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের পরস্পরের অবস্থান সংক্রান্ত ঘটনা সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণ সম্বন্ধে আলোচনা করা হইয়াছে। চন্দ্র কখনও কখনও পৃথিবী এবং দূরবর্তী একটি নক্ষত্রের দৃষ্টিপথে আসায় আমরা কিছুক্ষণের জন্য নক্ষত্রটিকে দেখিতে পাই না।

ইহাকে অকালটেশন (occultation) বলে। ইহা সূর্যগ্রহণের মতই, প্রভেদ এই যে সূর্যের পরিবর্তে নক্ষত্রের গ্রহণ ঘটিয়া থাকে। চন্দ্র যখন অমাবস্যা এবং পূর্ণিমার মধ্যবর্তী কোন অবস্থায় (Phase) থাকে তখন ইহার পূর্ব অংশ কৃষ্ণবর্ণ থাকে। যখন এই কৃষ্ণবর্ণ অংশের ধার কোন নক্ষত্রের দৃষ্টিকে আচ্ছন্ন করে তখন সেই নক্ষত্র হঠাৎ অদৃশ্য হয় এবং প্রায় ১ ঘণ্টাকাল অদৃশ্যই থাকে।

নক্ষত্রের এই আকস্মিকভাবে অদৃশ্য হওয়ার জন্য ইহা প্রমাণিত হয় যে, চন্দ্রে কোন বায়ুমণ্ডল নাই। কেননা কোন বায়ুমণ্ডল থাকিলে নক্ষত্র হইতে নির্গত আলো বায়ুমণ্ডলের মধ্যে প্রবাহিত হইবার সময় প্রতিসরিত হইত এবং বাঁকা পথে আমাদের দৃষ্টিতে আসিত।

অকালটেশনের সাহায্যে চন্দ্রের প্রকৃত অবস্থান নির্ণয় করা সহজ হয়।

(খ) ট্র্যানজিট (Transits) : সূর্য হইতে পৃথিবী অপেক্ষা নিকটবর্তী দূরত্বে অবস্থিত গ্রহগুলি (Veuns বা Mercury) কখনও কখনও পৃথিবী ও সূর্যের সহিত সমরেখ (conjunction) হইয়া থাকে। এই অবস্থায় যখন একটি গ্রহ পৃথিবী এবং সূর্যের মাঝখানে আসিয়া পড়ে এবং সূর্যকে এক ধার হইতে অতিক্রম করিয়া অন্য ধারে আসিয়া পড়ে, এই অবস্থাকে জ্যোতির্বিদরা ট্র্যানজিট (transit) বলেন।

প্রশ্নমালা—৭

১। প্রতি অমাবস্যা এবং প্রতি পূর্ণিমায় আমরা যথাক্রমে সূর্য গ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণ দেখি না কেন?

২। চন্দ্রগ্রহণ অপেক্ষা সূর্যগ্রহণের সংখ্যা অধিক হওয়া সত্ত্বেও আমরা পূর্ণ সূর্যগ্রহণ বেশী দেখি না কেন?

৩। পূর্ণ সূর্যগ্রহণের সময় আমরা সূর্যের কি কি বিশেষত্ব লক্ষ্য করিতে পারি?

৪। জুপিটারের ব্যাস প্রায় ৮৬,০০০ মাইল এবং নেপচুনের ব্যাস প্রায় ৩০,০০০ মাইল। ইহা সত্ত্বেও নেপচুনের ঘনছায়া কোণ (cone) জুপিটারের ঘনছায়া কোণ অপেক্ষা দ্বিগুণ দীর্ঘ। ইহার কারণ বর্ণনা করুন।

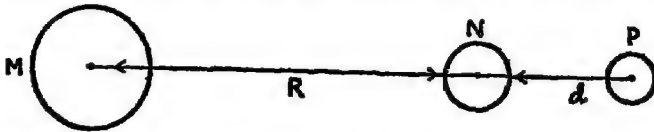
(Insert more examples from Astronomy by Sarkar)

অষ্টম অধ্যায়

জোয়ার-ভাটা এবং পৃথিবীর বর্তুলাকার আবর্তনের ফল

(TIDES AND PRECESSION)

৮·১ মাধ্যাকর্ষণের প্রভেদ

দুইটি নিকটবর্তী গোলাকার জ্যোতিষ্ককে যখন দূরবর্তী একটি বৃহৎ গোলাকার জ্যোতিষ্ক আকর্ষণ করে তখন ঐ মাধ্যাকর্ষণের মধ্যে প্রভেদ দেখা যায়। মনে করুন M একটি বৃহৎ জ্যোতিষ্ক এবং N,P দুইটি নিকটবর্তী জ্যোতিষ্ক। M হইতে N-এর দূরত্ব R, N হইতে P-এর দূরত্বের (d) তুলনায় অনেক বেশী। এমন অবস্থায় যদি M, N-এর আকর্ষণ F_1 এবং M, P-এর মধ্যকার আকর্ষণ F_2 হয়, তাহা হইলে

$$F_1=\frac{GM}{R^2},\quad F_2=\frac{GM}{(R+d)^2}$$

G ≡ মাধ্যাকর্ষণীয় সংখ্যা,

N এবং P-এর উপবিষ্ট একক পরিমাণের উপর আকর্ষণ স্থির করিবে। F_1 এবং F_2-এর সূত্র হইতে দেখা যায় যে, F_1-এর মান F_2-এর মান অপেক্ষা বৃহত্তর এবং

$$F_1-F_2=\triangle F=GM\left(\frac{1}{R^2}-\frac{1}{(R+d)^2}\right)$$

$$=GM\,\frac{d(2R+d)}{R^2(R+d)^2}$$

$$\approx 2GM.\frac{d}{R^3},$$ যদি $R+d\approx R$ ধরা হয়।

স্ফীত হয় অর্থাৎ গতিশীল হইয়া থাকে। ইহাব অর্থ এই নয় যে, সমুদ্রেব জলবাশি চন্দ্র কর্তৃক আকৃষ্ট হইয়া কাঁপিয়া উঠে। চন্দ্র যেখানে ঠিক জেনিথে (Zenith) বা নাদিব (Nadir)-এ অবস্থিত সেই স্থানেব "জোয়াব শক্তিব" প্রভাবেব ফলে জলরাশিব কোনই গতি নাই যদিও এই স্থানে জলবাশিব স্ফীতি সর্বাধিক।

চন্দ্র ছাড়া সূর্যের প্রভাবেও সমুদ্রে জোয়াব-ভাটা হইয়া থাকে। যদিও পৃথিবীব উপব সূর্যের আকর্ষণ-শক্তি, চন্দ্রেব আকর্ষণ-শক্তিব চেয়ে ১৫০ গুণ-বেশী কিন্তু চন্দ্রেব আকর্ষণ-প্রভাবেব প্রভেদ সূর্যেব আকর্ষণ-প্রভাবেব প্রভেদেব অর্ধেক হওয়ায জোয়াব-ভাটা প্রকৃতপক্ষে চন্দ্রেব আকর্ষণেব ফলেই হইয়া থাকে। চন্দ্র পৃথিবীব অতি নিকটে আছে বলিয়া ইহাব আকর্ষণ-প্রভেদ অধিক।

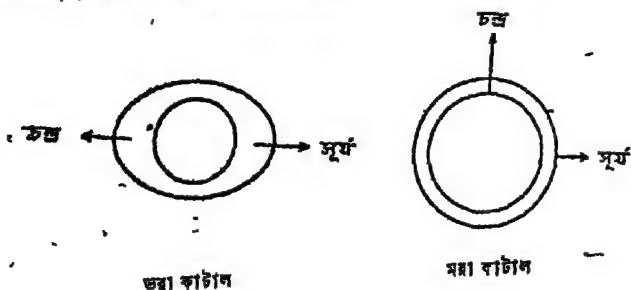
যদি চন্দ্র না থাকিত তাহা হইলে সূর্যেব প্রভাবে যে জোয়াব-ভাটা হইত তাহাব পবিমাণ বর্তমান জোয়াব-ভাটাব অর্ধেক হইত। এখন যদি চন্দ্র এবং সূর্যেব প্রভাব পবস্পবকে সাহায্য কবে তাহা হইলে স্বাভাবিক জোয়ার-ভাটাব ফল অধিক হইয়া থাকে। ইহা অমাবস্যা বা পূর্ণিমাব সময় হইবাব কথা। কেননা এই সময় সূর্য, চন্দ্র এবং পৃথিবী এক সবলবেখায় অবস্থিত থাকে। ইহাকে ভবা কটাল (Spring tides) বলে।

বিপবীত পক্ষে চন্দ্র যখন অষ্টমীতে (first quarter) অবস্থান কবে তখন চন্দ্র এবং সূর্যেব প্রভাবদ্বয় পবস্পবকে হ্রাস কবে। ইহাব ফলে যে "জোয়াব ভাটা" উৎপন্ন হয তাহাকে মবা কটাল (neap tides) বলে। নিম্নেব চিত্র দেখুন।

চন্দ্র ← → সূর্য

ভরা কাটাল

চন্দ্র ↑ → সূর্য

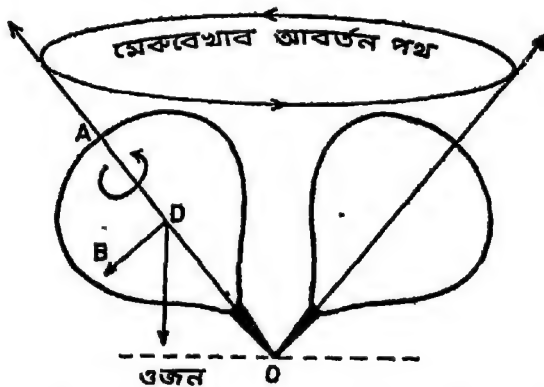
মরা কাটাল

৮.৩ অয়নচলন (Precession) বা লাটিমের ন্যায় আবর্তন

পৃথিবী আপন মেরুদণ্ডের চারিদিকে ২৪ ঘণ্টায় একবার আবর্তন করে। এই গতি প্রায় ঘণ্টায় এক হাজার মাইলেরও অধিক। এই দ্রুত গতিতে আবর্তনের ফলে পৃথিবীর আকৃতি সম্পূর্ণভাবে গোলাকার না হইয়া কমলালেবুর ন্যায় উত্তর দক্ষিণে কিছুটা চ্যাপ্টা হইয়াছে। অর্থাৎ বিষুবরেখা বরাবর পৃথিবীর ব্যাস, মেরুরেখা বরাবর ব্যাস অপেক্ষা ২৭ মাইল অধিক। অতএব বিষুবরেখা বরাবর পৃথিবীর উপরিভাগ স্থূলাকার রূপ ধারণ করিয়াছে। এই বিষুবরেখা বরাবর যে সমতল কল্পনা করা যায় তাহা এক্লিপটিকের সহিত ২৩½ ডিগ্রী এবং চন্দ্রের কক্ষপথের সহিত ৫ ডিগ্রী কোণে অবস্থিত। সূর্য এবং চন্দ্রের "মাধ্যাকর্ষণের প্রভেদ" (এই অধ্যায়ের প্রথম অংশ দ্রষ্টব্য) পৃথিবীর উপর জোয়ার-ভাটা সৃষ্টি করা ছাড়াও বিষুব সমতলকে এক্লিপটিকের সমতলের দিকে আকর্ষণ করিয়া থাকে। পৃথিবীর উপর সূর্য এবং চন্দ্রের "মাধ্যাকর্ষণের প্রভেদ" এমনভাবে প্রভাব বিস্তার করে যেন পৃথিবীর মেরুদণ্ডরেখা অতি ধীরে দিক পরিবর্তন করিতে থাকে। কিভাবে এই মেরুদণ্ড রেখা দিক পরিবর্তন করে তাহা বুঝিতে হইলে আমরা সংক্ষেপে একটি সাধারণ লাটিমের আবর্তন সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

লাটিমের অবর্তন ঃ একটি আবর্তনশীল লাটিমের গতি লক্ষ্য করুন। যদি লাটিমের অক্ষরেখা (axis) বা মেরুরেখা সম্পূর্ণরূপে খাড়া (vertical) না থাকে অর্থাৎ লাটিমটি যদি সোজাভাবে আবর্তন না করিতে থাকে তাহা হইলে ইহার ওজন লাটিমটিকে মাটিতে ফেলিয়া দিতে চেষ্টা করিবে (পর পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)।

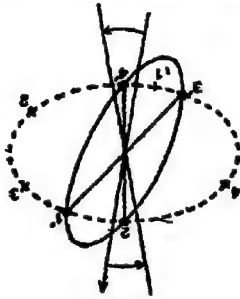
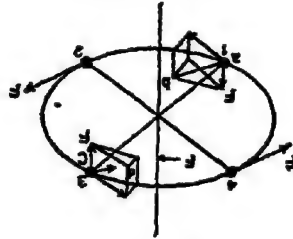
যাহা হউক লাটিমটি যখন হেলান অবস্থায় আবর্তন করে তখন ইহার ওজনের যে অংশ মেরুরেখার সহিত লম্বালম্বি থাকে সেই অংশই কেবলমাত্র লাটিমের মেরুরেখার অবস্থানকে প্রভাবান্বিত করিবে। আমরা হয়ত নিশ্চয়ই লক্ষ্য করিয়াছি যে, হেলানো লাটিম মাটিতে পড়িয়া যায় না কিন্তু ইহার মেরুরেখা বিশেষভাবে বৃত্তাকারে ঘুরিতে

থাকে। চিত্রে মেরুরেখা OA এবং DB রেখাদ্বয় দ্বারা যে সমতল নির্দিষ্ট হইবে, মেরুরেখা সর্বদাই সেই সমতলের সহিত লম্বভাবে গতিশীল থাকিবে। যতক্ষণ লাটিমের আবর্তন (spin) অপরিবর্তিত

মেরুরেখার আবর্তন পথ
A
D
B
ওজন
O

থাকিবে ততক্ষণ মেরুরেখা একইভাবে হেলানো থাকিয়া একটি কোণে আবর্তন করিবে (conical motion)। এই কৌণিক আবর্তনকে বিজ্ঞানের ভাষায় অয়নচলন (precession) বলে।

নিউটনের সূত্রের সাহায্যে অয়নচলনের কারণ বর্ণনা : গতি-বিষয়ক তিনটি সূত্র সর্বপ্রথম নিউটন আবিষ্কার করেন। এই তিনটি সূত্রের সাহায্যে আমরা অয়নচলনের কারণ বর্ণনা করিতে পারি। আমরা প্রথমে ধাতব পদার্থের সমান দুইটি কাঠি আড়-আড়িভাবে (perpendicular) লইয়া উহাদের উভয় প্রান্তে সমান ওজনের একই পদার্থের তৈরী চারটি বল সংযুক্ত করি। মনে করুন এই সরঞ্জামটি সমতলে রাখিয়া উহাদের কেন্দ্রবিন্দুকে স্থির রাখিয়া ভূমি-সংলগ্ন সমতলে ঘুরাইতে থাকুন। এই সরঞ্জামকে জাইরোস্কোপ (gyroscope) বলে (পর-পৃষ্ঠার চিত্র দেখুন)।

যখন জাইরোস্কোপটি সমতলে ঘুরিতেছে তখন চারিটি বলই ভূমি-সংলগ্ন সমতলে (horizontal plane) অবস্থিত বা আমরা মনে করিতে পারি যে বলগুলির কেন্দ্রসমূহ একই সমতলে অবস্থিত। এখন মনে করুন

২ নং এবং ৪ নং বল দুইটি সংযোগকারী কাঠি এবং জাইরোস্কোপের অক্ষরেখা দ্বারা নির্দিষ্ট সমতলের আড়াআড়ি অক্ষরেখার উপর F পরিমাণ

১ নং চিত্র

২ নং চিত্র

একটি চাপ বা জোর দেওয়া হইল (আমরা অঙ্গুলীর অগ্রভাগ দ্বারা এই অক্ষরেখার কাঠিতে ঠেস্ দিয়া ধরিতে পারি)। আমাদের প্রদত্ত জোর কাঠি দুইটির মধ্য দিয়া বলগুলিকে প্রভাবান্বিত করিবে। ১নং বলটি উপরের দিকে ৩নং বল নীচের দিকে এই জোরের প্রভাব অনুভব করিবে। পক্ষান্তরে ২নং এবং ৪নং বল দুইটি খাড়াভাবে এই জোরের কোন প্রভাবই অনুভব করিবে না। অতএব ৩নং এবং ৪নং বল একইভাবে ঘুরিতে থাকিবে কিন্তু ১নং এবং ২নং বল দুইটি যথাক্রমে ab এবং cd রেখার দিকে গতিশীল হইবে। আবর্তন কালে বলগুলির অবস্থান কিরূপ হইবে তাহা ২নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে। দেখা যায় যে, এই জোর আরোপ করার ফলে জাইরোস্কোপের অক্ষরেখা পূর্বাবস্থায় না থাকিয়া নূতন অবস্থানে আসিয়াছে। আরও দেখা যায় যে এই অক্ষরেখা, যে দিকে জোর দেওয়া হইয়াছে তাহার আড়াআড়ি (perpendicular) দিকে 'দিক্' পরিবর্তন করে। উপরের সংক্ষিপ্ত আলোচনা কোনক্রমেই নিখুঁত না হইলেও মোটামুটিভাবে অয়নচলনের কারণ বুঝিতে সাহায্য করিবে।

পৃথিবীর অয়নচলন : পৃথিবীর অভ্যন্তর এবং উপরিভাগের পদার্থ সর্বত্র সমভাবে বিস্তৃত নহে। ইহার ফলে পৃথিবীর উপর সূর্যের মাধ্যাকর্ষণ শক্তির প্রভাব একইরূপ নহে। পৃথিবীর বিষুব অঞ্চল

ববাবর সূর্য এবং চন্দ্রেব মাধ্যাকর্ষণ শক্তির প্রভাব বিষুব চক্রকে (Equator) এক্লিপটিক চক্রের বরাবর আনয়ন করিবার চেষ্টা করে। অর্থাৎ পৃথিবীব অক্ষবেখা, এই মাধ্যাকর্ষণের ফলে এক্লিপটিকেব অক্ষবেখাব সহিত যুক্ত হইবাব প্রযাস পায। ইহার ফলে সমস্ত পৃথিবীটা একটি লাটিমের মত আবর্তন করে। পৃথিবীব অক্ষবেখা (axis), এক্লিপটিকেব সমতলের উপব অঙ্কিত লম্বরেখাব চারিদিকে একটি কাল্পনিক কোণে আবর্তন কবে। পৃথিবীব অক্ষরেখা, এক্লিপটিকেব লম্ববেখাব সহিত সর্বদা ২৩½° কোণে (angle) অবস্থান কবে। একবাব সম্পুর্ণভাবে ঘুবিযা আসিতে পৃথিবীর অক্ষরেখা প্রায ২৬,০০০ বৎসব সময় গ্রহণ কবে।

পৃথিবীব অযনচলনেব অর্থ এই যে, আকাশে স্থির নক্ষত্রসমূহেব পটভূমিকায, পৃথিবীর অক্ষরেখা বিভিন্ন সমযে বিভিন্ন নক্ষত্রেব বরাবর থাকে। বর্তমানে পোলাবিস নক্ষত্রেব (polaris) দিকে এই অক্ষরেখা নিবিষ্ট আছে বলিযা আমবা রাত্রিকালে আকাশে পোলাবিস নক্ষত্রকে স্থিব দেখিতে পাই। প্রায ১২০০০ বৎসব পূর্বে আকাশে "ভেগা" (Vega) নক্ষত্রকে স্থিব দেখা যাইত।

একুইনক্সের অয়নচলন: পৃথিবীব বিষুবতল (plane of the equator) এক্লিপটিকের সমতলের সহিত ২৩½° কোণে সর্বদাই অবস্থান কবে। যেহেতু পৃথিবী লাটিমের মত আবর্তন কবিতেছে, অতএব বিষুবতলেব সহিত এক্লিপটিকেব তল যে সবলরেখায ছেদ কবিযাছে সেই রেখাও ২৬০০০ বৎসবে একবাব আবর্তন করিবা আসিবে। ইহাব ফলে একুইনক্স বিন্দু দুইটি (Equinoxes) এক্লিপটিকেব উপর বৎসবে $\frac{১ \times ৩৬০^{\circ}}{২৬০০০}$ ডিগ্রী অর্থাৎ প্রায ৫০″ (বক্ররেখা বা arc) পশ্চিম দিকে সবিযা যাইতেছে। প্রতি বৎসব সূর্য প্রায় ২০ মিনিট অধিক সবিবা আসিবাব পব ভারনাল একুইনক্সেব (Vernal Equinox) সহিত মিলিত হব। এইভাবে সাইডেরিযাল বৎসবের তুলনায আমাদের বৎসব প্রায় ২০ মিনিট কমিতে থাকে। ইহার ফলে, মহাশূন্যে পৃথিবীব বিভিন্ন অবস্থানের সময়ে একই "ঋতু" (season) কাল সংঘটিত হইতে পাবে।

প্রশ্নমালা—৮

১। পৃথিবীকে চন্দ্র অপেক্ষা ৮০ গুণ বড় এবং সূর্যের তুলনায় ৩০০,০০০ গুণ কম এবং পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব চন্দ্রের দূরত্বের তুলনায় ৪০০ গুণ বেশী ধরিয়া পৃথিবীর উপর চন্দ্র-সূর্যের জোয়ার-ভাটা সৃষ্টিকারী প্রভাবের পরিমাণ মোটামুটিভাবে নির্ণয় করুন।

২। বর্ণনা করুন কেন উত্তরাকাশের ধ্রুব নক্ষত্র, এক্লিপটিকের পোল (pole) বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া আকাশে বৃত্তাকারে ভ্রমণ করে।

৩। ১৮০০০ খ্রীস্টাব্দে ঢাকা হইতে আকাশের দিকে লক্ষ্য করিলে কোন্ সারকাম্‌পোলার কন্‌স্টিলেশনকে দেখা যাইবে? আজকালকার আকাশে কোন্ কন্‌স্টিলেশনকে দেখা যায়?

৪। ১৩,০০০ খ্রীস্টাব্দে অরিয়ন (Orion)-কে উত্তর মেরুবিন্দু হইতে সারকম্‌পোলার নক্ষত্র হিসাবে দেখা যাইবে কেন তাহা বর্ণনা করুন।

৫। পৃথিবীর অয়নচলন এবং পৃথিবীর উপরিস্থ স্থানসমূহের অক্ষাংশ পরিবর্তনকারী প্রভাবসমূহের মধ্যে প্রভেদ কি তাহা বর্ণনা করুন।

৬। সাইডেরিয়াল বৎসর এবং ট্রপিকাল (tropical) বৎসর-এর মধ্যে প্রভেদ কি তাহা বর্ণনা করুন।

নবম অধ্যায়

সৌরজগৎ

(SOLAR SYSTEM)

প্রাচীনকালের জ্যোতির্বিদেরা পৃথিবীকে সৃষ্টির কেন্দ্রস্থলে কল্পনা করিয়া মনে করিতেন যে, চন্দ্র, সূর্য এবং অন্যান্য গ্রহগুলি পৃথিবীর চারিদিকে রাশিচক্রের মধ্য দিয়া আবর্তন করিতেছে। প্রকৃতপক্ষে আমরা যাহাকে সৌরজগৎ বলি উহার প্রধান জ্যোতিক পৃথিবী নহে। সূর্যই সৌরজগতের শ্রেষ্ঠ জ্যোতিষ্ক এবং সৌরজগৎ মহাবিশ্বের যে আংশিক স্থান জুড়িয়া আছে সেই স্থানের যাবতীয় জ্যোতিষ্কের বস্তুর পরিমাণ (সূর্য ছাড়া) সূর্যের বস্তুর তুলনায় অতি নগণ্য। সৌরজগতের সমস্ত বস্তুর শতকরা ৯৯'৯ ভাগ বস্তু লইয়া সূর্য গঠিত। বাকী শতকরা '১ ভাগ লইয়া গ্রহগুলি, ধূমকেতু, উল্কাপিণ্ড এবং অন্যান্য উপগ্রহগুলি সৃষ্ট হইয়াছে। আমরা পূর্বে চন্দ্র ও পৃথিবী সম্বন্ধে আলোচনা করিয়াছি। এক্ষণে আমরা সৌরজগতে অন্যান্য জ্যোতিষ্কের বিবরণ পাঠ করিব। প্রথমে সাধারণভাবে আমরা সৌরজগতের গুণাবলী আলোচনা করিব।

৯১. সৌরজগতের অধিবাসীবৃন্দ

সৌরজগতের সর্ববৃহৎ জ্যোতিষ্ক সূর্য বলিয়াই আমরা মহাবিশ্বের এই অংশকে সৌরজগৎ বলি। অন্যান্য জ্যোতিষ্কগুলির মধ্যে পৃথিবীকে লইয়া ৯টি গ্রহ এবং তাহাদের উপগ্রহগুলি প্রধান। ইহা ছাড়া এই সৌরজগতের মধ্যে আমরা ধূমকেতু (Comets), অ্যাস্টারয়েড (Asteroids), উল্কাপিণ্ডসমূহ (Meteorites) দেখিতে পাই। সৌরজগৎ একটি প্রকাণ্ড অংশ জুড়িয়া আছে। ইহার সর্বাপেক্ষা দূরবর্তী গ্রহ সূর্য হইতে পৃথিবীর তুলনায় ৪০ গুণ দূরত্বে অবস্থিত। অর্থাৎ সূর্যকে কেন্দ্র করিয়া প্রায় ৪০০ কোটি মাইল ব্যাসার্ধ লইয়া একটি গোলক কল্পনা করিলে যে বিশাল পরিমাণ স্থানের অস্তিত্ব অনুভব করা যায়, সৌরজগৎ সেই পরিমাণ স্থান লইয়া বিরাজ করিতেছে। সূর্য একটি নক্ষত্র (Star)।

সূর্য ব্যতিরেকে নিকটতম নক্ষত্রের দূরত্ব কল্পনা করিলে সৌরজগতের অধিকৃত স্থান মহাবিশ্বের তুলনায় নগণ্য বলিয়া মনে হয়। অন্যান্য নক্ষত্রগুলি এত দূরে অবস্থিত যে আমরা সৌরজগতকে প্রকৃত প্রস্তাবে একটি পৃথক জগৎ বলিয়া মনে করিতে পারি।

(ক) সূর্য: সৌরজগতের প্রধানতম জ্যোতিক সূর্য। ইহা একটি অতিকায় নক্ষত্র এবং পৃথিবী যে পদার্থ দ্বারা তৈয়ারী, ইহাও সেই সমস্ত পদার্থ দ্বারা তৈয়ারী। কিন্তু সূর্যের অভ্যন্তরভাগের তাপ অত্যধিক হওয়ায় যাবতীয় পদার্থই গ্যাসের আকারে বিদ্যমান রহিয়াছে। সূর্যের বিভিন্ন স্তরের ওজনের অত্যধিক চাপের ফলে যে উত্তাপ সৃষ্টি হয় সেই উত্তাপই পদার্থের গ্যাসীয় আকারের কারণ। সূর্যের কোন উপরিভাগ (surface) নাই। আমরা যে উপরিভাগ দেখি তাহা "আলো" মাত্র। ইহা সূর্যের সেই "স্তর" যাহার অভ্যন্তরে আর কোন স্তর আমরা দেখিতে পাই না। সূর্যের বহির্ভাগের অপেক্ষাকৃত হাল্কা গ্যাসের স্তর প্রায় ৮৬৪,০০০ মাইল স্থান লইয়া বিস্তৃত। এই দূরত্ব পৃথিবীর ব্যাসের ১০০ গুণের অধিক। সূর্যের 'আয়তন' (volume) পৃথিবীর আয়তনের ১৪ লক্ষ গুণ বড়। ইহার বস্তুর পরিমাণ এমন যে এই বস্তু দ্বারা ৩½ লক্ষ পৃথিবী সৃষ্টি হইতে পারে। সূর্য হইতে যে তাপ এবং 'শক্তি' (energy) পাওয়া যায় তাহা সৌরজগতের সর্বত্র ছড়াইয়া পড়ে। সূর্যের বহির্ভাগের তাপ কমপক্ষে ১১০০০° ফা. এবং অভ্যন্তরের তাপ ২ কোটি ডিগ্রী (ফা.)। আমরা সূর্য সম্বন্ধে পরে আলোচনা করিব।

(খ) গ্রহ (Planets): সৌরজগতের ৯টি গ্রহের নাম—পৃথিবী, মঙ্গল, বুধ, বৃহস্পতি, শুক্র, শনি (অতীতকালেই পরিচিত ছিল), ইউরেনাস, নেপচুন এবং প্লুটো। সূর্যের তুলনায় গ্রহগুলির সকলেই ঠাণ্ডা, কঠিন এবং আকারে অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র। গ্রহের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্যের আলোকে ইহারা আলোকিত দেখায়।

পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণকে সামগ্রিকভাবে "একক" ধরিলে "বুধ" গ্রহের বস্তুর পরিমাণ ·০৫ এবং 'বৃহস্পতি' (Jupiter) গ্রহের বস্তুর পরিমাণ ৩১৮ একক এবং অন্যান্য গ্রহের বস্তুর পরিমাণ এই দুইয়ের মাঝামাঝি হইবে। সেইরূপ সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্বকে 'একক' ধ.

(ইহাকে Astronomical unit বা AU বলে) ধরিলে 'বুধ'-গ্রহ '৩৯ AU এবং 'প্লুটো' গ্রহের দূরত্ব ৩৯'৪৬AU-এর সমান এবং অন্যান্য গ্রহের দূরত্বের পরিমাণ এই দুই মানের মধ্যে অবস্থিত। আবার প্রত্যেকটি গ্রহকে এক একটি 'বলের' মত মনে করিলে দেখা যায় যে, ক্ষুদ্রতম গ্রহ বুধের ব্যাস ৩০০০ মাইল এবং বৃহস্পতি বা জুপিটারের ব্যাস প্রায় ৮৬০০০ মাইল এবং প্রায় প্রত্যেক গ্রহই বায়ুমণ্ডল (atmosphere) দ্বারা আচ্ছন্ন হইয়া আছে। সূর্যের চারিদিকে একবার ঘুরিয়া আসিতে বুধ-গ্রহের ৮৮ দিন হইতে প্লুটোর ২৪৮ বৎসর সময় অতিবাহিত হয়। বিশেষরূপে আশ্চর্যজনক বিষয় এই যে, সমস্ত গ্রহের কক্ষপথই প্রায় একই সমতলে অবস্থিত। কক্ষপথে গ্রহগুলির গতিবেগ প্রতি সেকেণ্ডে ৩ মাইল হইতে ৩০ মাইল পর্যন্ত হইয়া থাকে। সূর্যের চারিদিকে প্রদক্ষিণ করিবার সময় প্রত্যেক গ্রহই আপন মেরুদণ্ডের চারিদিকে আবর্তন (rotation) করিতেছে। ইহা গ্রহের উপর দিনের (day) স্থায়ীকাল (length) নির্ণয় করে। বৃহস্পতি গ্রহের দিনের দৈর্ঘ্য ৯ ঘণ্টা ১০ মিনিট। বুধ-গ্রহের দিনের পরিমাণ ৮৮ দিন।

(গ) উপগ্রহ (Satellites) : প্রায় প্রত্যেক গ্রহেরই উপগ্রহ (চাঁদ) আছে। শুধুমাত্র 'বুধ', 'শুক্র' (Venus) এবং প্লুটোর উপগ্রহ আছে কিনা জানা যায় নাই। বৃহস্পতি (Jupiter)-এর ১২টি, 'শনি' (Saturn)-এর ৯টি, ইউরেনাস (Uranas)-এর ৫টি, নেপচুন এবং মঙ্গল (Mars)-এর প্রত্যেকের ২টি এবং পৃথিবীর একটি উপগ্রহ আছে। এই ৩১টি উপগ্রহের মধ্যে ৬টি উপগ্রহ আমাদের চন্দ্র (Moon) অপেক্ষা বৃহত্তর। প্রায় সব কয়টি উপগ্রহই তাহাদের স্বকীয় গ্রহের চারিদিকে পশ্চিম হইতে পূর্ব দিকে ঘুরিতেছে এবং প্রায় প্রত্যেক উপগ্রহই স্বকীয় গ্রহের 'বিষুবতলের' (Equatorial plane) সহিত সামান্য কোণে (চন্দ্র ৫° কোণে) অবস্থিত সমতলে পরিভ্রমণ করিতেছে।

(ঘ) ধূমকেতু (Comets) : সৌরজগতে সূর্যের চারিদিকে অত্যন্ত 'লম্বা' (elongated) উপবৃত্তাকার পথে যে সমস্ত "ক্ষুদ্রাকৃতি প্রস্তর খণ্ডের সমষ্টি" একত্রিত অবস্থায় পরিভ্রমণ করিতে দেখা যায় তাহাদিগকে

ধূমকেতু (Comet) বলে। ধূমকেতুর পরিভ্রমণ পথ এত লম্বা যে ইহারা অধিকাংশ সময় সূর্য হইতে দূরে থাকে এবং অতি অল্প সময়ের জন্য সূর্যের নিকটে আসে। যখন সূর্যের নিকট আসিয়া পড়ে তখন ইহা সূর্যের তাপে উত্তপ্ত হইয়া থাকে এবং ফলে ধূমকেতুর অংশবিশেষ বাষ্পাকারে পরিণত হইয়া একটি মেঘের আকার ধারণ করিয়া থাকে। এই মেঘাকৃতি অংশকে 'Coma' বলে। ইহা ধূমকেতুর 'মাথা' (head)। যখন ধূমকেতু পৃথিবী অপেক্ষা কয়েক গুণ দূরে আসে তখন সূর্যের "বিকিরণ" (radiation) প্রভাবে ইহার 'মাথা' হইতে অংশবিশেষ বিচ্ছিন্ন হইয়া একটি লম্বা "লেজ" (tail) সৃষ্টি করে। ধূমকেতুর বস্তুর পরিমাণ পৃথিবীর তুলনায় অতি সামান্য। এ পর্যন্ত সহস্রাধিক ধূমকেতু দেখা গিয়াছে। প্রতি বৎসর প্রায় ৫ হইতে ১০ টি ধূমকেতু আবিষ্কৃত হইয়া থাকে। ইহাদের পরিভ্রমণকাল সহস্র বৎসরের অধিক হইতে পারে। ইহাদের কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত নানা কোণে বিদ্যমান থাকে।

(ঙ) **ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহপুঞ্জ** (Asteroids or minor planets): উপরিলিখিত ৯টি গ্রহ ছাড়াও অনেক ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহ সূর্যের চারিদিকে নির্দিষ্ট পথে পরিভ্রমণ করে। ইহাদের সংখ্যা দশ সহস্রের অধিক এবং ইহাদিগকে টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়। Ceres নামক গ্রহটি এই পর্যায়ের গ্রহগুলির মধ্যে সর্বাপেক্ষা বৃহৎ এবং ইহার ব্যাস প্রায় ৫০০ মাইল। অল্প সংখ্যক ক্ষুদ্র গ্রহ ৫০ মাইলের অধিক ব্যাস বিশিষ্ট দেখা যায়।

বৃহৎ গ্রহগুলির মতই ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি সূর্যের চারিদিকে পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে ঘুরিতেছে এবং সূর্য হইতে অন্ততঃ ২½ AU দূরে অবস্থিত এবং ইহাদের পরিক্রমণ কাল (period of revolution) ৪ হইতে ৬ বৎসর। ইহারা সৌরজগতে মঙ্গল (Mars) এবং বৃহস্পতি (Jupiter) গ্রহের মধ্যখানে অবস্থিত।

(চ) **উল্কাপিণ্ড** (Meteorites): টেলিস্কোপেও দেখা যায় না এমন সহস্র প্রকার কঠিন জড় পদার্থ সূর্যের চারিদিকে প্রদক্ষিণ করিতে করিতে পৃথিবীর চারিপার্শ্বের বায়ুমণ্ডলের সংস্পর্শে আসিয়া পড়ে এবং

বায়ুমণ্ডলের ঘর্ষণে (friction) ভস্মীভূত হইয়া পড়ে। জ্বলন্ত অবস্থায় আমরা আকাশে যখন এই উল্কাপিণ্ড দেখি তখন ইহাকে আমরা "shooting star" বলি। সময় সময় উল্কাপিণ্ড বায়ুমণ্ডলের ঘর্ষণে সম্পূর্ণরূপে ভস্মীভূত না হইয়া অংশবিশেষ পৃথিবীতে পতিত হয়। অনেক দেশের যাদুঘরে এমন উল্কাপিণ্ড রক্ষিত আছে, ইহাকে meteorite বলে।

৯২ গ্রহগুলি সম্বন্ধে মূল জ্ঞাতব্য বিষয়

একটি গ্রহের বস্তুর পরিমাণ, ইহার আকার বা আয়তন এবং সূর্য হইতে ইহার দূরত্ব জানা থাকিলে আমরা গ্রহ সম্বন্ধে আরও বিষয় জানিতে পারি। যেমন এই গ্রহের বায়ুমণ্ডল আছে কিনা এবং ইহার তাপ কি প্রকার।

কোন গ্রহের দূরত্ব জানিতে হইলে Kepler-এর নিয়মাবলীর সাহায্য লইতে হয়। পৃথিবীর কক্ষপথের বিভিন্ন অবস্থান হইতে একটি গ্রহকে লক্ষ্য করিয়া Kepler-এর নিয়মাবলী অবলম্বনে পৃথিবীর দূরত্বের তুলনায় গ্রহটি কতদূরে অবস্থিত তাহা নির্ণয় করা যায়।

গ্রহের বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে, গ্রহটি অন্য একটি জ্যোতিষ্কের নিকটবর্তী হইবার সময় ঐ জ্যোতিষ্কটির উপর কি মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব বিস্তার করে তাহা নির্ণয় করিতে হয়। এইজন্য তিনটি পন্থা অবলম্বন বাঞ্ছনীয় যথা—(১) এই গ্রহটি স্বকীয় উপগ্রহের পরিক্রমণ পথে "গতি বৃদ্ধি" (acceleration) কতটা সৃষ্টি করে তাহা পরিমাপ করিতে হয়, (২) গ্রহটি অন্য গ্রহের গতিপথে কি "প্রভেদ" (perturbation) সৃষ্টি করে তাহা মাপিয়া দেখিতে হয় এবং (৩) ক্ষুদ্রতর কোন গ্রহের নিকটবর্তী অবস্থানের সময় কতটা প্রভেদ সৃষ্টি হইয়া থাকে তাহা মাপিয়া দেখিতে হয়।

যদি একটি গ্রহের একটিমাত্র উপগ্রহ থাকে (যেমন পৃথিবীর) তাহা হইলে গ্রহ এবং উপগ্রহটিকে সম্মিলিতভাবে পরস্পরের চারিদিকে আবর্তনরত এক জোড়া জ্যোতিষ্ককে কল্পনা করিয়া পরস্পরের পরিক্রমণ-কাল এবং উভয়ের মধ্যে কৌণিক দূরত্ব নির্ণয় করা সহজেই সম্ভব হইয়া থাকে। কৌণিক দূরত্ব হইতে রৈখিক দূরত্ব নির্ণয় করিবার পর

Kepler-এর তৃতীয় 'সূত্র' (law) ব্যবহার করিয়া গ্রহের বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। যাহা হউক প্রায় গ্রহেরই একাধিক উপগ্রহ আছে বলিয়া উপরোক্ত সমাধান সর্বক্ষেত্রে সম্ভব না হইলেও আমরা ইহার ব্যবহার করিতে পারি এইজন্য যে উপগ্রহগুলি মূল গ্রহের তুলনায় অতিশয় ক্ষুদ্র। অতএব একাধিক উপগ্রহ বিশিষ্ট গ্রহের ক্ষেত্রে আমরা গ্রহটিকে এবং যে-কোন একটিমাত্র উপগ্রহ লইয়া (এবং অন্য উপগ্রহগুলির অস্তিত্ব অস্বীকার করিয়া) উপরের বর্ণনা অনুসারে গ্রহটির বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করিতে পারি।

যে গ্রহের উপগ্রহ নাই এমন গ্রহের বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় কষ্ট-সাধ্য ব্যাপার। এইক্ষেত্রে অন্য কোন জ্যোতিষ্কের উপর গ্রহটির প্রভাব কিরূপ তাহা নির্ণয় করিতে হয়। বহুদিন ধরিয়া গ্রহগুলির গতিবিধি লক্ষ্য করিলে কোন নির্দিষ্ট গ্রহ অন্য গ্রহের উপর কি "প্রভেদ" সৃষ্টি করিয়া থাকে তাহা নির্ণয় করা যায়। প্রায় শতাধিক বৎসর পূর্বে এইরূপ গ্রহের গতিবিধি লক্ষ্য করিয়া নেপচুন (Neptune) গ্রহ আবিষ্কার করা হইয়াছিল।

যদি একটি ক্ষুদ্র গ্রহ, বৃহৎ কোন গ্রহের নিকটবর্তী হয় তাহা হইলে ক্ষুদ্র গ্রহটির পরিক্রমণ পথ বহুলাংশে পরিবর্তিত হইয়া থাকে। ক্ষুদ্র গ্রহ, বৃহৎ গ্রহের নিকটবর্তী হইলে আমরা এই গ্রহ দুইটিকে এক জোড়া জ্যোতিষ্ক হিসাবে ধরিলে উহাদের একটি অপরটির তুলনায় হাইপার বোলীয় (hyperbolic) পথ সৃষ্টি করিবে। এইক্ষেত্রে বৃহৎ গ্রহটি স্বকীয় কক্ষপথ হইতে অতি সামান্য পথভ্রষ্ট হইবে কিন্তু ক্ষুদ্র গ্রহটির পথ পরিবর্তিত হইবে। এই পরিবর্তনের জ্ঞান হইতে আমরা মোটামুটিভাবে Kepler-এর তৃতীয় সূত্র ব্যবহার করিয়া বৃহৎ গ্রহের বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করিতে পারি।

(খ) গ্রহের উপরিভাগের তাপ: একটি গ্রহের উপরিভাগে সূর্যের তাপ কি পরিমাণে পতিত হয় তাহা হইতে আমরা গ্রহের তাপ নির্ণয় করিতে পারি। কোন স্থানে পতিত সূর্যরশ্মির পরিমাণ ঐ স্থানের সূর্য হইতে দূরত্বের উপর নির্ভর করে। যে অনুপাতে দূরত্বের বর্গ

বাড়িতে থাকিবে সেই অনুপাতে সূর্যতাপের পরিমাণ কমিতে থাকিবে। পতিত সূর্যের তাপ প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া যাইবার পর যেটুকু গ্রহ কর্তৃক গৃহীত হয় সেই তাপ গ্রহের তাপমাত্রা বাড়াইয়া দেয়। কোন বস্তু উত্তপ্ত হইবার সময় সঙ্গে সঙ্গে তাপ বিকিরণ করিতে থাকে। এইভাবে উত্তাপ বাড়াইতে থাকিলে অবশেষে এক সাম্য-ভাবের সৃষ্টি হয়। এই অবস্থায় যতটা তাপ প্রতি সেকেণ্ডে ঐ বস্তু গ্রহণ করিতে থাকিবে ঠিক ততটা তাপ প্রতি সেকেণ্ডে বিকীর্ণ হইবে। বৈজ্ঞানিকেরা প্রমাণ করিয়াছেন যে, একটি "আদর্শ" (ideal) বিকিরণ-শীল পদার্থের উপরিভাগ হইতে ইহার তাপমাত্রা T (°k) থাকা অবস্থায় বিকীর্ণ শক্তি (radiated energy) E (প্রতি বর্গ সেণ্টি-মিটারে)-এর পরিমাণ

$$E = ৫\cdot৬৭ \times ১০^{-৫}\ T^{৪}$$

যদি একটি গ্রহকে এমন আদর্শ বিকিরণশীল বস্তু হিসাবে গ্রহণ করা যায় তাহা হইলে আমরা এই সূত্র ব্যবহার করিয়া গ্রহের উপরিভাগের তাপমাত্রা নির্ণয় করিতে পারি। এখানে অবশ্যই আমাদিগকে মনে রাখিতে হইবে যে, কোন গ্রহই উপরের বর্ণনানুযায়ী "আদর্শ" নহে এবং কোন কোন গ্রহের চারিপার্শ্বে বায়ুমণ্ডল থাকায় গ্রহের তাপমাত্রা প্রভাবান্বিত হইয়া থাকে। যাহা হউক এই সমস্ত অসুবিধা সত্ত্বেও উপরের সূত্রের সাহায্যে গ্রহের তাপমাত্রার একটি সম্যক্ জ্ঞান লাভ করিতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ মনে করুন আমরা শনি গ্রহের (Saturn) তাপমাত্রা জানিতে চাই। এই গ্রহটি সূর্য হইতে ৯·৫৪ AU দূরে অবস্থিত। অতএব ইহা পৃথিবীর প্রাপ্ত তাপের $\frac{১}{(৯\cdot৫৪)^{২}}$ অংশ পরিমাণ তাপ পাইয়া থাকে। পৃথিবীর প্রাপ্ত তাপের পরিমাণ $১\cdot৩৫ \times ১০^{৬}$ আর্গ/সেকেণ্ড/(সে. মি.)²। অতএব শনি গ্রহে প্রাপ্ত তাপের পরিমাণ

$$\frac{১\cdot৩৫ \times ১০^{৬}}{(৯\cdot৫৪)^{২}} = ১\cdot৪৮ \times ১০ \text{ আর্গ/সেকেণ্ড/(সে. মি.)}^{১}।$$

ইহার মধ্যে শতকরা ৫০ ভাগ তাপ বিকিরণ করবে এবং বাকী ৫০ ভাগ তাপ গ্রহণ (absorb) করবে। গ্রহণীয় তাপের পরিমাণ $৭\cdot৪ \times ১০^{৩}$

আর্গ/সেকেণ্ড/(সে. মি.)^2। E-এর মান এইরূপ লইলে আমরা T-এর মান ১০৭°K পাই। ইহা ২৭০°F-এর সমান।

(গ) বায়ুমণ্ডল: বুধ (Mercury) এবং প্লুটো (Pluto) গ্রহদ্বয় ব্যতীত প্রায় সব গ্রহই গ্যাস দ্বারা আবৃত। গ্রহের বায়ুমণ্ডল নানা-ভাবে আমাদের কাছে ধরা পড়ে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে বায়ুমণ্ডলে অবস্থিত অস্বচ্ছ মেঘ সূর্যালোক প্রতিফলিত করে। মঙ্গল গ্রহের বায়ুমণ্ডল অতিশয় পাতলা এবং টেলিস্কোপের সাহায্যে আমরা এই বায়ুমণ্ডলের স্তর অতিক্রম করিয়া গ্রহের উপরিভাগের প্রকৃতি লক্ষ্য করিবার সুযোগ পাই। গ্রহের বায়ুমণ্ডল নীল আলো সহজেই বিচ্ছিন্ন (scatter) করিতে পারে। বায়ুমণ্ডল হইতে প্রতিফলিত সূর্যরশ্মিকে Spectroscope-এর সাহায্যে পরীক্ষা করিলে উক্ত বায়ুমণ্ডলে কি কি গ্যাসের সমাবেশ আছে তাহা আমরা জানিতে পারি।

(ঘ) বায়ুমণ্ডল এবং গ্রহের মাধ্যাকর্ষণ শক্তি: একটি গ্রহকে আবেষ্টন করিয়া যে বায়ুমণ্ডল অবস্থান করে সেই বায়ুমণ্ডলের "অণুগুলি" (molecules) সর্বদা গতিশীল। অণুগুলির গতির গড় যদি গ্রহের উপরিভাগ হইতে পলায়নশীল (escape) গতির $\frac{1}{5}$ অংশের অধিক হয় তাহা হইলে ঐ বায়ুমণ্ডলের গ্যাস প্রায় ১০ কোটি বৎসরে গ্রহচ্যুত হইয়া চলিয়া যাইবে। সুতরাং বায়ুমণ্ডলের কোন গ্যাসের "গতি গড়" (average speed) যদি $\frac{1}{5}$ অংশ অপেক্ষা বেশী হইয়া থাকে তাহা হইলে ঐ গ্যাস গ্রহের সহিত বায়ুমণ্ডলে অবস্থান করিতে থাকিবে। আমরা জানি যে কোন গ্যাসের অণুগুলি সাধারণ গতিবেগ (average molecular speed) গ্যাসের তাপমাত্রার বর্গমূল এবং অণুর বিপরীত পরিমাণের (mass) বর্গমূলের অনুপাতে বৃদ্ধি পায়। এই সমস্ত তথ্য হইতে আমরা সিদ্ধান্ত গ্রহণ করিতে পারি যে, বুধ (Mercury), Ceres এবং চন্দ্র (Moon) প্রভৃতি জ্যোতিষ্কের বায়ুমণ্ডলে আমাদের পরিচিত গ্যাস অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বিদ্যমান থাকিতে পারে না। ইউরেনাস, নেপচুন এবং প্লুটো গ্রহগুলির মধ্যে সর্বপ্রকার গ্যাসই

বিদ্যমান থাকিতে পারে। কিন্তু এই গ্রহ তিনটিতে গ্যাসগুলি বায়বীয় আকারে না থাকিয়া তরল পদার্থের আকারে থাকিতে পারে।

মঙ্গল গ্রহে কোন হাইড্রোজেন গ্যাস নাই। বৃহৎ গ্রহ তিনটি বৃহস্পতি (Jupiter) এবং শনি (Saturn) গ্রহে সর্বপ্রকার গ্যাসই বিদ্যমান আছে।

(ঙ) সারাংশঃ সৌরজগতের বিভিন্ন গ্রহ নানাভাবে পরস্পর বিভিন্ন। তাহাদের পরস্পরের দূরত্ব, তাহাদের আকার, বায়ুমণ্ডল এবং বস্তুর পরিমাণ সকল কিছুই গ্রহবিশেষে বিভিন্ন হইয়া থাকে। আমরা নীচে সংক্ষেপে গ্রহগুলির সম্পর্কে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়ের তালিকা সংযুক্ত করিলাম:

এখানে পৃথিবীর দূরত্ব=১ AU, পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণ≡১ একক।

গ্রহ	বুধ	শুক্র	পৃথিবী	মঙ্গল	বৃহস্পতি	শনি	ইউরেনাস	নেপচুন	প্লুটো
সূর্য হইতে দূরত্ব	২/৫	৩/৪	১	১½	৫	১০	২০	৩০	৪০
পৃথিবীর তুলনায় বস্তুর পরিমাণ	১/২০	৪/৫	১	১/৯	৩১৮	৯৫	১৫	১৭	—
ব্যাস পৃথিবীর তুলনায়	২/৫	১	১	১/২	১১	৯	৪	৪	—
আহ্নিক গতি	৮৮ দিন	২০০—৩০০ দিন	২৪ ঘণ্টা	২৪½ ঘঃ	১০ ঘঃ	১০ ঘঃ	১১ ঘঃ	১৬ ঘঃ	৬ দিন
Velocity of escape	২½	৬½	৭	৩	৩৭	২২	১৩	১৪	—
উপগ্রহের সংখ্যা	০	০	১	১	১২	৯	৫	২	০
তাপের গড় (°K)	৬০০	৩৭০	৩৩০	৩০০	১৪০	১১০	৮০	৬০	৫০

দশম অধ্যায়

অন্যান্য গ্রহ

(PLANETS)

১০১. বুধ গ্রহ (Mercury)

আকাশে জ্যোতিকগুলির মধ্যে বুধ গ্রহটি অন্যান্য উজ্জ্বল জ্যোতিষ্কের মধ্যে একটি। এই গ্রহটি সূর্যের অতি নিকটে অবস্থিত। সূর্য হইতে ইহার বৃহত্তম কৌণিক দূরত্ব ২৮°। নগ্নচোখে আমরা এই গ্রহটিকে মাত্র ১ সপ্তাহ কাল সময়ের জন্য দেখিতে পাই। যখন ইহা বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধানে আসে তখন সূর্যোদয়ের পূর্বে কিংবা সূর্যাস্তের পর পরই ইহাকে আকাশে দেখা যায়। বুধ গ্রহের 'সাইনডিক' কাল (synodic period) মোট প্রায় ১১৬ দিন হওয়ায় বৎসরে প্রায় তিনবার আমরা গ্রহটিকে "ভোরের তারা" (morning star) এবং "সান্ধ্য তারা" (evening star) হিসাবে দেখিতে পাইব। শুধুমাত্র গোধূলি লগ্নে (twilight) অথবা ভোরবেলায় সামান্য সময়ের জন্য আমরা বুধ গ্রহকে দেখিতে পাই। প্রাচীন গ্রীকেরা এই জ্যোতিষ্কের নাম "Mercury" এবং বাংলাদেশ-পাক ভারতবাসীরা ইহার নাম "বুধ' দিয়াছিলেন।

বুধ গ্রহটি সূর্যের অতি নিকটবর্তী থাকায় ইহার বার্ষিক গতির সময় মোটে ৮৮ দিন এবং আবর্তন-পথে বা কক্ষপথে ইহার গতি ৩০ মাইল/সেকেণ্ড। সূর্য হইতে ইহার নিকটতম দূরত্ব ২ কোটি ৮৬ লক্ষ মাইল এবং বৃহত্তম দূরত্ব ৪ কোটি ৩৪ লক্ষ মাইল। এই গ্রহের কোন উপগ্রহ না থাকায় ইহার বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করা কঠিন। যাহা হউক, অন্যান্য জ্যোতিষ্ক নিকটবর্তী হইলে, বুধ গ্রহের মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব লক্ষ্য করা সম্ভব হয় এবং এই প্রভাব হইতে গ্রহটির বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করা সম্ভব। ১৯৬৮ সালের মে মাসে Icarus নামক ক্ষুদ্র একটি গ্রহ

বুধ গ্রহের মাত্র ৮০ লক্ষ মাইলের মধ্যে আসিয়াছিল। গ্রহটির উপর বুধ গ্রহের মাধ্যাকর্ষণ প্রভাব পর্যবেক্ষণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে, বুধ গ্রহের বস্তুর পরিমাণ পৃথিবীর বস্তুর ০.০৫৪ অংশ মাত্র।

বুধ গ্রহের ব্যাস প্রায় ৩০০০ মাইল অর্থাৎ পৃথিবীর অর্ধেকাপেক্ষা কম। গড়ে ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব ৫½। অনেকে মনে করেন যে, বুধ গ্রহের মধ্যে-ভারী পদার্থগুলির সমাবেশ পৃথিবীর তুলনায় কিছুটা বেশী। পর্যবেক্ষণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে, চন্দ্রের মতই বুধ গ্রহের একই অংশ সূর্যের দিকে মুখ করিয়া আছে। Thermopile নামক তাপমান যন্ত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হইয়াছে, বুধ গ্রহের সূর্যাভিমুখী অংশের তাপমাত্রা ৬১০°K (প্রায় ৬৪০°F) এবং অন্ধকারাচ্ছন্ন অংশের তাপমাত্রা ১০°K—২০°K। বুধ গ্রহকে সাধারণতঃ সর্বাপেক্ষা উত্তপ্ত এবং সর্বাপেক্ষা ঠাণ্ডা গ্রহ বলা হয়। বুধ গ্রহের উপর পতিত সূর্যালোকের polarization হইতে গ্রহে বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব আবিষ্কার করা হইয়াছে। যাহা হউক গ্রহটির সামান্য মাধ্যাকর্ষণের ফলে কোন বায়ুমণ্ডল চিরস্থায়ী থাকিতে পারে না। সর্বদাই বহির্জগতের সহিত ইহার বায়ুমণ্ডলের গ্যাসের আদান-প্রদান হইয়া থাকে।

১০.২ শুক্র গ্রহ (Venus)

প্রাচীনকালের গ্রীকগণ এই জ্যোতিষ্ককে প্রেম এবং সৌন্দর্যের দেবী বলিয়া মনে করিতেন। বাংলাদেশ-পাক ভারতের অধিবাসীরা এই জ্যোতিষ্ককে 'শুক্র' বা "শুকতারা" নামে অভিহিত করিয়া থাকেন। পৃথিবী হইতে ইহা মাত্র ২ কোটি ৫০ লক্ষ মাইল দূরে অবস্থিত। রাত্রিকালে আকাশে ইহাকে অত্যন্ত উজ্জল দেখায়। এমন কি দিনের বেলায়ও ইহাকে আমরা দেখিতে পাই। বুধ গ্রহের মত 'শুকতারাও পৃথিবী অপেক্ষা সূর্যের নিকটে অবস্থিত বলিয়া আমরা কখনও ইহাকে "সান্ধ্য তারা" কখনও বা "ভোরের তারা" হিসাবে দেখিতে পাই। "শুকতারার" কৌণিক দূরত্ব প্রায় ৪৭°।

সূর্য হইতে শুক্র গ্রহের দূরত্ব প্রায় ৬ কোটি ৭২ লক্ষ ৭০ হাজার মাইল। ইহার প্রকৃত কক্ষপথ উপবৃত্তাকার হইলেও এই কক্ষপথের

কেন্দ্রাপসারিতা (eccentricity) মাত্র ০ ০০৭ হওয়ায় আমরা এই কক্ষপথকে বৃত্তাকার বলিয়া মনে করিতে পারি। শুক্র গ্রহের সূর্যের চারিদিকে প্রদক্ষিণকাল ২২৫ দিন এবং আবর্তন গতিবেগ প্রায় ২২ মাইল/সেকেণ্ড। ইহার সাইনডিক কাল ৫৮৪ দিন এবং কক্ষপথের সহিত পৃথিবীর কক্ষপথ ৩°২৪´ মিনিট কোণে অবস্থিত।

শুক্র গ্রহের কোন উপগ্রহ নাই। পৃথিবীর উপর ইহার মাধ্যাকর্ষণ শক্তির প্রভাব অবগত হইয়া আমরা এই গ্রহের বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করিতে পারি। এইভাবে দেখা যায় যে, এই গ্রহের বস্তুর পরিমাণ পৃথিবীর তুলনায় মাত্র ০ ৮২ অংশ। ইহার আকার প্রায় পৃথিবীর ন্যায় (ব্যাস ৭৭০০ মাইল) এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব ৫ ১।

টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিলে দেখা যাইবে যে, শুক্র গ্রহের চন্দ্রের মত ক্ষয় বা বৃদ্ধি আছে। শুক্র গ্রহকে আমরা পূর্ণভাবে আলোকিত (পূর্ণিমা) দেখিতে পাই না। ইহার কারণ এই যে, এই সময় শুক্র গ্রহ, সূর্য এবং পৃথিবী এক সূত্রে অবস্থিত (superior conjunction) থাকে। যখন গ্রহটি crescent আকারে আসে সেই সময় ইহাকে সবচেয়ে উজ্জ্বল দেখা যায়। সাধারণতঃ একই সূত্রে (inferior conjunction, পৃথিবী, শুক্র গ্রহ এবং সূর্য) আসিবার ৩৬ দিন পূর্বে এবং ৩৬ দিন পরে গ্রহটিকে আকাশে উজ্জ্বলতম দেখা যায়। এই গ্রহটি ঘন মেঘে আবৃত আছে বলিয়া আমরা ইহার উপবিভাগের কোন বর্ণনা জানিতে পারি না। বেগুনি রশ্মির সাহায্যে ফটোগ্রাফ লইয়া ইহার উপবিভাগের কিছু রহস্য সম্যক আবিষ্কৃত হইয়াছে।

শুক্র গ্রহের আপন মেরুদণ্ডের উপর আবর্তন কাল সম্বন্ধে সঠিক তথ্য জানা আজিও সম্ভব হয় নাই। অনেকে মনে করেন যে, ইহা অতি ধীরে (সম্ভবতঃ ২২৫ দিনে) বার্ষিক গতির সময়ের অনুরূপ সময়ে আপন মেরুদণ্ডের চারিদিকে ঘুরিয়া আসে। গত ১৯৬০ এবং ১৯৬২ সালে Radar হইতে E M. ঢেউ পাঠাইয়া প্রতিফলিত ঢেউয়ের জ্ঞান লাভ করা সম্ভব হইয়াছে এবং জানা গিয়াছে যে, গ্রহটি মোটামুটি ধীরগতিতেই আবর্তন করে।

শুক্র গ্রহের albedo-এর পরিমাণ ০.৭৬ হইতে তাপমাত্রার গড় প্রায় ২৩৪°K পরিমাণ হিসাব করা হইয়াছে। কিন্তু গ্রহ হইতে প্রাপ্ত Radio ঢেউয়ের জ্ঞান হইতে আমরা জানিতে পারি যে, ইহার উপরি-ভাগের তাপমাত্রার গড় প্রায় ৬০০°K (৬৪০°F)। এই গ্রহে বায়ুমণ্ডল বিদ্যমান। কিন্তু এই বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন আছে কিনা তাহা আজিও জানা যায় নাই। শুক্র গ্রহ হইতে প্রতিফলিত আলোর polarization হইতে জানা যায় যে বায়ুমণ্ডলে কিঞ্চিৎ জলকণা বিদ্যমান। ইহার চারিদিকে বেষ্টিত মেঘে কিঞ্চিৎ হলুদ আভা লক্ষ্য করা গিয়াছে। এমনো হইতে পারে যে মেঘে জলকণার সহিত অন্য গ্যাসের মিশ্রণ সংগঠিত হইয়াছে।

১০.৩. পৃথিবী (Earth)

পৃথিবী সম্বন্ধে আমরা পূর্বেই আলোচনা করিয়াছি।

১০.৪. মঙ্গল গ্রহ (Mars)

আমাদের নিকট প্রতিবেশী হিসাবে মঙ্গল গ্রহ সর্বাধিক মনোযোগ আকর্ষণ করিয়াছে। আজিকার এই রকেটের যুগে আমরা এমন এক যুগ-সন্ধিক্ষণে আসিয়াছি যে মানুষ যে-দিন মঙ্গল গ্রহে পৌঁছিবে সেদিন অতি নিকটে মনে হইতেছে। অনেকে মনে করেন যে, মঙ্গল গ্রহে জীবের অস্তিত্ব আছে। আমরা এখানে, গ্রহটির সম্বন্ধে জানা গিয়াছে এমন, যাবতীয় তথ্য সংক্ষেপে আলোচনা করিব।

মঙ্গল গ্রহের কক্ষপথ: সূর্য হইতে এই গ্রহের দূরত্ব গড়ে প্রায় ১৪১,৬৯০,০০০ মাইল। সূর্য হইতে ন্যূনতম এবং বৃহত্তম দূরত্বের মধ্যে ব্যবধান প্রায় ২৬,০০০,০০০ মাইল। সূর্যের চারিদিকে ঘুরিয়া আসিতে মঙ্গল গ্রহের প্রায় ৬৮৭ দিন প্রয়োজন হয়। ইহার সাইনডিক পিরিয়ড প্রায় ৭৮০ দিন। যখন গ্রহটি সূর্যের ঠিক বিপরীত দিকে আসে তখন আমরা সারারাত্রি ইহাকে আকাশে দেখিতে পাই। ১৯৬৯ সালের জুন মাসে এবং ১৯৭১ সালের আগস্ট মাসে মঙ্গল গ্রহ পৃথিবীর তুলনায় সূর্যের বিপরীতমুখী হইয়াছিল।

মঙ্গল গ্রহের উপগ্রহঃ ১৮৭৭ সালে Asaph Hall নামক জ্যোতির্বিদ সর্বপ্রথম মঙ্গল গ্রহেব দুইটি 'উপগ্রহ' বা 'চন্দ্র' (Satellite) আবিষ্কাব কবেন। ইহাদেব নাম যথাক্রমে Phobos এবং Deimos; ইহাদেব মধ্যে Phobos, মঙ্গল গ্রহেব কেন্দ্র হইতে ৫৮০০ মাইল এবং ৭ঘ. ৪০ মিনিটে গ্রহকে একবাব আবর্তন কবে। পক্ষান্তবে Deimos, ১৪,৬০০ মাইল দূবে থাকিযা ৩০ ঘ. ২০ মিনিটে গ্রহকে আবর্তন কবে। মঙ্গল গ্রহেব স্বীয অক্ষবেখাব (axis) চাবিপার্শ্বে আবর্তন কবিতে যে সমযেব প্রযোজন হয (আহ্নিক গতিব সময বা দিবা-বাত্রিব দৈর্ঘ্য) তাহা অপেক্ষা Phobos-এব আবর্তন কাল কম বলিযা মঙ্গল গ্রহেব অধিবাসীবা Phobos কে পশ্চিম আকাশে উঠিতে দেখিবেন। উপগ্রহ দুইটি আযতনে অতি ছোট।

মঙ্গল গ্রহের অন্যান্য জ্ঞাতব্য বিষযঃ Kepler-এব সূত্র হইতে পূর্ববর্ণিত উপায অবলম্বনে গ্রহেব বস্তুব পবিমাণ নির্ণয কবিযা দেখা গিযাছে যে, গ্রহটির মোট বস্তুব পবিমাণ পৃথিবীব বস্তুব প্রায দশমাংশ। গ্রহটিব ব্যাস প্রায ৪২০০ মাইল এবং বস্তুব অপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায ৪। যে ব্যক্তি ২০০ পাউণ্ড ওজনের সমান, সেই ব্যক্তি মঙ্গল গ্রহে মাত্র ৭৫ পাউণ্ড ওজনেব সমান ভাব বোধ হইবে। গ্রহটিব কেন্দ্রে বস্তুব আপেক্ষিক ঘনত্ব প্রায ৯।

টেলিস্কোপেব সাহায্যে দেখিলে গ্রহটি একটি কমলা বংযেব বলেব মত মনে হয। আকাশে ইহাব কৌণিক ব্যাস ২৫″ সেকেণ্ড। যেহেতু গ্রহটি পৃথিবীব তুলনায সূর্য হইতে অধিক দূবত্বে অবস্থিত সেহেতু আমবা পৃথিবী হইতে গ্রহটিব ক্ষয-বৃদ্ধি (Phases) দেখিতে পাই না। মঙ্গল গ্রহেব উপবিভাগেব বং কতকটা হলুদ এবং কমলা বংযেব মিশ্রণেব মত অথবা লাল মনে হয। এ পর্যন্ত মঙ্গল গ্রহে কোন পাহাড-পর্বতেব অস্তিত্বেব প্রমাণ পাওযা যায নাই। তবে গ্রহেব উপবি-ভাগে সমুদ্রেব অস্তিত্ব টেলিস্কোপেব সাহায্যে বুঝিতে পাবা যায।

মঙ্গল গ্রহেব সাইডেবিযাল দিনেব দৈর্ঘ্য ২৪ ঘ. ৩৭ মি. ২৫ সে.। এই গ্রহেব বিষুবরেখা (Equator) কক্ষপথেব সমতলেব সহিত প্রায

২৫° কোণে অবস্থিত। আমাদের পৃথিবীর মতই মঙ্গল গ্রহে শীত, গ্রীষ্ম বসন্ত, শরৎ প্রভৃতি ঋতুর অস্তিত্ব আছে।

মঙ্গল গ্রহ হইতে প্রাপ্ত "infra red" রশ্মির radiation-এর পরিমাণ নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে, গ্রহে সর্বাধিক তাপের পরিমাণ প্রায় ৩০০°K বা ৮০°F, বিষুবাঞ্চলে রাত্রিকালের তাপমাত্রা ৪°F হইতে প্রায় ৪০°F পর্যন্ত বৃদ্ধি হয়। মঙ্গল গ্রহের উপরিভাগ হইতে প্রতিফলিত সূর্য রশ্মির "বিস্তৃতি" (scattering) হইতে গ্রহে বায়ুমণ্ডলের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। একইভাবে প্রতিফলিত রশ্মির polarization-এর পরিমাপ হইতে গ্রহস্থ বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ণয় করা যায়। এইভাবে হিসাব করিয়া বৈজ্ঞানিকেরা নির্ণয় করিয়াছেন যে, মঙ্গল গ্রহের উপরিভাগে বায়ুমণ্ডলের চাপ পৃথিবীর অনুরূপ চাপের দশমাংশ।

গ্রহ হইতে প্রাপ্ত প্রতিফলিত সূর্য-রশ্মিকে Spectroscopy-এর সাহায্যে বিশ্লেষণ করিয়া গ্রহের বায়ুমণ্ডলে বিভিন্ন গ্যাসের আনুপাতিক পরিমাণ নির্ণয় করা হইয়াছে। এ সম্বন্ধে আজিও কোন স্থির সিদ্ধান্তে আসা সম্ভব হয় নাই। অনেকে মনে করেন যে, এই বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেন এবং নাইট্রোজেন কম্পাউণ্ড প্রচুর পরিমাণে বিদ্যমান।

মঙ্গলগ্রহে কোন জীবের অস্তিত্ব আছে কিনা এবং কিরূপ জীবের অস্তিত্ব থাকা সম্ভব সে সম্বন্ধে আজিও কোন সঠিক সিদ্ধান্তে বৈজ্ঞানিকেরা আসিতে পারেন নাই।

১০.৫ বৃহস্পতি (Jupiter)

সৌরজগতে এই গ্রহটি আয়তনে এবং বস্তুর পরিমাণে বৃহত্তম গ্রহ। প্রাচীনকালে গ্রীকগণ সবচেয়ে বড় দেবতার (Gods) নামানুসারে এই গ্রহের নামকরণ করেন। সূর্য হইতে ইহার দূরত্ব গড়ে ৪৮ কোটি মাইল—প্রায় পৃথিবীর দূরত্বের ৫½ গুণ বেশী। ইহা সূর্যকে ১২ বৎসরে একবার প্রদক্ষিণ করে। গড়ে গ্রহটি আপন কক্ষপথে প্রতি সেকেণ্ডে ৮·মাইল বেগে ভ্রমণ করে।

বৃহস্পতি গ্রহের ১২টি উপগ্রহ আছে। ইহাদের বৃহত্তম দুইটি উপগ্রহ ৩০০০ মাইল ব্যাস বিশিষ্ট এবং দুইটি উপগ্রহ আমাদের চন্দ্রের আকারের।

এই গ্রহের বস্তুর পরিমাণ প্রায় ৩১৮টি পৃথিবীর সমান এবং সূর্যের প্রায় এক-সহস্রাংশ। সৌরজগতের অন্যান্য যাবতীয় গ্রহ-উপগ্রহ একত্র করিলে যে বস্তুর সমাবেশ ঘটিবে, বৃহস্পতি গ্রহের বস্তুর পরিমাণ তদপেক্ষা অধিক। ইহার ব্যাস ৮৮০০০ মাইল অর্থাৎ প্রায় ১১টি পৃথিবীর আয়তনের সমান। যে পদার্থের ভূ-পৃষ্ঠে ওজন ১ পাউণ্ডের ওজনের সমান, বৃহস্পতি গ্রহের উপরিভাগে সেই পদার্থের ওজন প্রায় ৩ পাউণ্ডের ওজনের সমান হইবে। এই গ্রহের উপরিভাগ হইতে কোন লোষ্ট্রকে গ্রহচ্যুত করিতে হইলে প্রতি সেকেণ্ডে ৩৭ মাইলের অধিক বেগে নিক্ষেপ করিতে হইবে।

বৃহস্পতি গ্রহের উপরিভাগের তাপমাত্রার গড় প্রায় ১৩০°K বা ২২০° F। এই গ্রহের বায়ুমণ্ডলে হাল্কা গ্যাস হাইড্রোজেন, হিলিয়াম প্রচুর পরিমাণে বিদ্যমান। ইহার কারণ এই যে, গ্রহচ্যুত হওয়ার জন্য (escape velocity) গতিবেগ অত্যধিক। Spectroscope-এর সাহায্যে প্রতিফলিত সূর্য-রশ্মি বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে যে, গ্রহের বায়ুমণ্ডলে methane এবং ammonia গ্যাস প্রচুর পরিমাণে বর্তমান আছে।

১৯৫০ সালে লক্ষ্য করা হইয়াছিল যে বৃহস্পতি গ্রহকে বেষ্টন করিয়া গতিশীল অসংখ্য অণু-পরমাণু বৈদ্যুতিক শক্তিসম্পন্ন অবস্থায় বিদ্যমান আছে। এই বৈদ্যুতিক অণু পরমাণুর স্তরকে "Van-Allen" স্তর বলে।

১০.৬ শনিগ্রহ (Saturn)

সৌরজগতের দ্বিতীয় বৃহত্তম গ্রহ, শনি গ্রহ। অঙ্গুরীয় বেষ্টিত গ্রহটি টেলিস্কোপে দেখিতে সুন্দর দেখায়। এই গ্রহ সূর্য হইতে ৮৪ কোটি হইতে ৯৪ কোটি মাইল দূরে। ইহার কক্ষপথ বিষুবতলের সহিত ২২° কোণে অবস্থিত। আপন কক্ষপথে প্রতি সেকেণ্ডে ৬ মাইল বেগে চলিয়া সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিতে এই গ্রহের প্রায় ৩০ বৎসর সময় অতিবাহিত হয়।

শনি গ্রহের ৯টি উপগ্রহ আছে এবং কতকগুলি ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে সহজেই দেখা যায়। সবচেয়ে বড়টি টাইটান (Titan) চন্দ্রের চেয়েও বৃহত্তর। টাইটানে বায়ুমণ্ডল আছে বলিয়া জানা গিয়াছে।

বিষুবতল বরাবর শনি গ্রহকে আবেষ্টন করিয়া মেঘের মত একটি অঙ্গুরীয় (ring) দেখা যায়। প্রকৃত পক্ষে তিনটি অঙ্গুরীয় (এককেন্দ্রিক) দেখিতে পাওয়া যায়। বহিঃস্থ অঙ্গুরীয় ব্যাস প্রায় ১৭০,০০০ মাইল। অন্তঃস্থ অঙ্গুরীয় ব্যাস প্রায় ৮৮,০০০ মাইল। শনি গ্রহের উপরিভাগ হইতে নিকটবর্তী অঙ্গুরীয় পরিসীমার দূরত্ব প্রায় ৭৫০০ মাইল। অঙ্গুরীগুলি কঠিন বস্তুর স্তর নহে। কারণ ইহাদের মধ্যদিয়া দূরবর্তী নক্ষত্র দেখা যায় এবং অঙ্গুরীয় আভ্যন্তরীণ অংশ বহিঃস্থ অংশের চেয়ে অপেক্ষাকৃত ধীরে গ্রহের চারিদিকে আবর্তন করে। অঙ্গুরীগুলিকে শনি গ্রহের বিষুবতলের বরাবর দেখা যায়। এই তলটি স্বীয় কক্ষপথের সহিত ২৮° কোণে অবস্থিত। অঙ্গুরীগুলি প্রকৃতপক্ষে ক্ষুদ্র বৃহৎ অসংখ্য কঠিন শীলা (solid stones) দ্বারা প্রস্তুত। শনি গ্রহে বস্তুর পরিমাণ ৯০–১০০টি পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণের সমান। এই গ্রহের ব্যাস প্রায় ৭০,০০০ মাইলের কিছু বেশী এবং ইহার বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব মাত্র ০.৭ (পানির চেয়ে হাল্কা)। গ্রহের উপরিভাগ হইতে কোন বস্তুকে প্রতি সেকেণ্ড ২২ মাইল বেগে ছুঁড়িতে পারিলে তাহা গ্রহচ্যুত হইয়া মহাশূন্যে বিলীন হইবে। আপন মেরুদণ্ডের চারিদিকে আবর্তন করিতে গ্রহটির ১০½ ঘণ্টা সময়ের প্রয়োজন হয়।

শনি গ্রহের উপরিভাগের তাপের পরিমাণ প্রায় ১২০°K হইতে ১৩০°K (—২৩০°F)। এ পর্যন্ত জানা গিয়াছে যে, গ্রহটির বায়ুমণ্ডলে methane এবং ammonia গ্যাস প্রচুরপরিমাণে আছে। গ্রহচ্যুত হইবার গতিবেগ সেকেণ্ডে ২২ মাইল হওয়ায় আমরা অনুমান করিতে পারি যে, ইহার বায়ুমণ্ডল যে-কোন হাল্কা গ্যাসকে ধারণ করিতে সক্ষম।

১০.৭. ইউরেনাস (Uranus)

১৭৮১ খ্রীস্টাব্দে William Herschel নামক জনৈক বৈজ্ঞানিক সর্বপ্রথম এই গ্রহ আবিষ্কার করেন। এই গ্রহটির কক্ষতল পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত সামান্য (৪৬´ মিঃ) কোণে অবস্থিত। সূর্য হইতে ইহার দূরত্বের গড় ১৭৮০,০০০,০০০ মাইল। ইহার কক্ষপথে গতিবেগ প্রতি সেকেণ্ডে ৫ মাইল এবং আবর্তন কাল ৮৪ বৎসর।

ইউবেনাস গ্রহেব ৫টি উপগ্রহ আছে। উপগ্রহগুলিব দূবত্ব ইউবেনাসেব কেন্দ্র হইতে ৮০,০০০ হইতে ৩৫০,০০০ মাইলেব মধ্যে সীমাবদ্ধ।

ইউবেনাস গ্রহ প্রায ১৫টি পৃথিবীব ওজনেব সমান এবং ইহাব ব্যাস প্রায ৩০,০০০ মাইল। গ্রহেব বস্তুব আপেক্ষিক গুরুত্ব প্রায ১·৫। এই গ্রহেব বায়ুমণ্ডলে Hydrogen এবং Methane গ্যাসেব অস্তিত্ব প্রমাণিত হইযাছে। এই গ্রহেব উপবিভাগেব তাপমাত্রাব পবিমাণ —৩০০°F। গ্রহটিব আপন মেরুদণ্ডেব চাবিপার্শ্বে আবর্তন কবিতে প্রায ১১ ঘণ্টা সময অতিবাহিত হয।

১০৮. নেপচুন (Neptune)

১৮৪৩ খ্রীস্টাব্দ হইতে ১৮৪৬ খ্রীস্টাব্দ—এই সমযেব মধ্যে ইউবোপীব জ্যোতির্বিদেবা Newton-এব Gravitation theory (মাধ্যাকর্ষণ থিওবী)-এব সাহায্যে ইউবেনাসেব গতিপথ গণিতেব সাহায্যে নির্ণয কবিবাব প্রযাস পান। ইউবেনাসেব গতিপথে যে 'ভ্রম' (irregularity) পাওযা যায তাহাব কাবণ অনুসন্ধান কবিবাব মানসে এই বৈজ্ঞানিকগণ অন্য কাল্পনিক নিকটবর্তী কোন গ্রহেব প্রভাব আছে কিনা, তাহা লইযা গণনা শুরু কবেন। এইরূপে তাঁহাবা প্রমাণ কবিলেন যে ইউবেনাস গ্রহেব গতিবিধিতে যে ভ্রম পবিলক্ষিত হয তাহা অন্য একটি নিকটবর্তী গ্রহেব প্রভাবে (perturbation) হওযা সম্ভব। অবশেষে টেলিস্কোপেব সাহায্যে ১৮৪৬ সালেব সেপ্টেম্বব মাসে এই "নেপচুন গ্রহ" (Neptune) আবিষ্কাব কবেন।

নেপচুন গ্রহ সূর্য হইতে ২৮০,০০,০০,০০০ (২৮০ কোটি) মাইল দূবে অবস্থিত। আপন কক্ষপথে প্রতি সেকেণ্ডে ৩½ মাইল বেগে ভ্রমণ কবিযা সূর্যকে আবেষ্টন কবিযা আসিতে এই গ্রহেব প্রায ১৬৫ বৎসব সময অতিবাহিত হয।

নেপচুনেব দুইটি উপগ্রহ আছে। বৃহত্তবটিব নাম Triton ইহা আমাদেব চন্দ্র অপেক্ষা বৃহত্তর। নেপচুনেব কেন্দ্র হইতে Triton-এব দূবত্ব ২২০,০০০ মাইল এবং ইহাব গতি বিপবীত দিকে পূর্ব হইতে পশ্চিম দিকে।

নেপচুনের বস্তুর পরিমাণ ১৭টি পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণের সমান। ইহার ব্যাস প্রায় ২৮০০০ মাইল। ইহার বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব ২। এই গ্রহে বায়ুমণ্ডল আছে। ইহার উপরিভাগের তাপের পরিমাণ —৩৬০°F.

১০·৯· প্লুটো (Pluto)

১৯৩০ খ্রীস্টাব্দে এই গ্রহটি প্রথম আবিষ্কৃত হয়। সূর্য হইতে এই গ্রহটির দূরত্ব, সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্বের প্রায় ৪০ গুণ বা প্রায় ৩,৬৭৫,০০০,০০০ মাইল। কক্ষপথে প্রায় ৩ মাইল বেগে চলিয়া প্রায় ২৫০ বৎসরে ইহা সূর্যের চারিদিকে একবার প্রদক্ষিণ করে। ইহার বস্তুর পরিমাণ প্রায় পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণের সমান। ইহার ব্যাস প্রায় ৩৬০০ মাইল। এই গ্রহের উপরিভাগের তাপ —৩৫০°F ইহার বায়ুমণ্ডলে Hydrogen, Helium এবং Neon গ্যাসের অস্তিত্ব পাওয়া যায়।

প্লুটোর পরে সৌরজগতকে অন্ধকারাচ্ছন্ন শূন্যস্থান বলিয়া মনে হয়। সূর্য হইতে ২৭০ AU দূরত্বের মধ্যে আর কোন গ্রহকে এ পর্যন্ত খুঁজিয়া পাওয়া সম্ভব হয় নাই।

পৃথিবী ছাড়া অন্য গ্রহে জীবের অস্তিত্ব আছে কিনা তাহা বৈজ্ঞানিকেরা জানেন না।

১০·১০ সৌরজগতের ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি (Asteroids)

পূর্ববর্ণিত বৃহৎ আকারের গ্রহগুলি ছাড়াও সৌরজগতে আরও সহস্রাধিক গ্রহের অস্তিত্ব টেলিস্কোপের সাহায্যে প্রমাণিত হইয়াছে। ইহাদের কক্ষপথগুলি মঙ্গল গ্রহ এবং জুপিটারের কক্ষপথের মাঝামাঝি অবস্থায় বিদ্যমান। এই গ্রহগুলির সূর্য হইতে দূরত্ব Bode's আইন পালন করে।

বোডের সূত্র : বৈজ্ঞানিক মতে Bode's আইন প্রকৃতপক্ষে একটি আইন নহে। যাহা হউক এই আইনের সাহায্যে সূর্য হইতে পর পর দূরবর্তী গ্রহসমূহের দূরত্ব মনে রাখা সহজ হয়। ১৭৬৬ খ্রীস্টাব্দে Bode

নামক একজন জার্মান জ্যোতির্বিদ এই নিয়মটি প্রবর্তন করেন। পর পর ০, ৩, ৬, ১২, সংখ্যাগুলি এমনভাবে লেখা হইল যেন প্রথম দুইটি বাদ দিয়া পর পর সংখ্যাগুলির প্রত্যেকটি পূর্ব সংখ্যাটির দুই গুণ হয়। এখন এই সংখ্যা-সারির (sequence) প্রত্যেকটি সংখ্যার সহিত ৪ যোগ করিয়া ১০ দ্বারা ভাগ করিলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় সেই সংখ্যা গ্রহ বিশেষের দূরত্ব প্রকাশ করে (অবশ্য এই দূরত্ব A U. এর এককে প্রকাশিত হইবে)। এইরূপে ১৭৬৬ খ্রীস্টাব্দ পর্যন্ত যে সমস্ত গ্রহের অস্তিত্ব জানা গিয়াছিল তাহাদের দূরত্বের সহিত মিলাইয়া Bode-এর নিয়মটির সত্যতা পরীক্ষা করা হইয়াছিল। এই নিয়মটি কোন প্রমাণের উপর প্রতিষ্ঠিত নহে বা ইহার সত্যতা কোন বৈজ্ঞানিক ভিত্তির উপর দণ্ডায়মান নহে বলিয়া আমরা ইহাকে আইন বলিয়া মানিয়া লইতে পারি না। নিম্নের তালিকা Bode-এর নিয়মানুসারে প্রস্তুত করা হইয়াছে।

সংখ্যা	গ্রহ	সূর্য হইতে প্রকৃত দূরত্ব (A U)
(০+৪)÷১০= ৪	বুধ (Mercury)	০'৩৮৭
(৩+৪)÷১০= ৭	শুক্র (Venus)	০ ৭২৩
(৬+৪)−১০=১	পৃথিবী (Earth)	১ ০০০
(১২+৪)−১০=১ ৬	মঙ্গল (Mars)	১ ৫২৪
(২৪+৪)−১০=২ ৮	×	×
(৪৮+৪)÷১০=৫ ২	বৃহস্পতি (Jupiter)	৫ ২০৩
(৯৬+৪)−১০=১০	শনি (Saturn)	৯'৫৩৯
(১৯২+৪)−১০=১৯ ৬	ইউরেনাস (Uranus)	১৯ ১৯১
(৩৮৪+৪)÷১০=৩৮'৮	নেপচুন (Neptune)	৩০'০৭১
(৭৬৮+৪)÷১০=৭৭ ২	প্লুটো (Pluto)	৩৯'৫১৮

যখন ১৭৮১ খ্রীস্টাব্দে ইউরেনাস আবিষ্কৃত হয় তখন দেখা যায় যে ইহার দূরত্ব Bode-এর আইনের সহিত সম্মত হয়। কিন্তু নেপচুন এবং প্লুটোর ক্ষেত্রে আইনটি সম্পূর্ণরূপে ব্যর্থ হইয়াছে। ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলি

যখন আবিষ্কৃত হয় তখন আবার দেখা গেল যে, গ্রহগুলির দূরত্ব মোটা-মুটিভাবে পূর্ব-পৃষ্ঠার তালিকার শূন্যস্থান পূরণ করিতে সমর্থ হইয়াছে। এইরূপে Ceres নামক ক্ষুদ্র গ্রহের দূরত্ব প্রায় ২.৭৬৭ A U। পরবর্তীকালে Bode এর আইনকে ভিত্তি করিয়া সৌরজগতের সৃষ্টি সম্বন্ধে অনেক গবেষণার অবকাশ ঘটিয়াছিল। অধুনাকালেও প্রকৃতপক্ষে গ্রহণ-যোগ্য কোন তত্ত্বের উদ্ভব সম্ভব হয় নাই।

১০.১১. ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহের আবিষ্কারের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

Sicily দ্বীপের Piazzi নামক জনৈক জ্যোতির্বিদ সর্বপ্রথম ১৮০১ খ্রীস্টাব্দে নূতন এক "তারকার" দিকে দৃষ্টি নিক্ষেপ করেন। তিনি পর পর কয়েক রাত্রি ধরিয়া লক্ষ্য করিয়া আবিষ্কার করেন যে, নূতন তারকাটি অন্য তারকার তুলনায় পূর্বদিক হইতে পশ্চিমদিকে ক্রমশঃ স্থান পরিবর্তন করিতেছে। হঠাৎ অসুস্থ হইয়া পড়ায় Piazzi "তারকাটির" গতিপথের প্রতি বেশী দিন দৃষ্টি রাখিতে পারেন নাই। যাহা হউক এই সময় C. F. Gauss গণিতশাস্ত্রের জ্ঞান হইতে Piazzi কর্তৃক আবিষ্কৃত জ্যোতিকের গতিপথ নির্ণয় করিতে সক্ষম হন। তাঁহার গণনার উপর নির্ভর করিয়া Van Zach নামক পণ্ডিত এই জ্যোতিক যে একটি গ্রহ তাহা স্থির করিতে সমর্থ হন। Sicily দ্বীপের দেবী (goddess) Ceres-এর নামানুসারে এই গ্রহের নামকরণ Ceres করা হয়। ইহার দূরত্ব Bode-এর নিয়মানুযায়ী প্রায় ২.৮ A U।

Ceres আবিষ্কারের পর বৎসর Pallas নামক দ্বিতীয় ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কৃত হয়। এই সময় হইতেই জ্যোতির্বিদগণ আরও অনুরূপ ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কার করিবার উৎসাহ পান। এইরূপে অল্পকাল মধ্যেই (১৮৯১) প্রায় ৩২০টি ক্ষুদ্র গ্রহ আবিষ্কৃত হয়। আজকাল ফটোগ্রাফের সহায়তায় প্রতি বৎসর নূতন নূতন গ্রহের সন্ধান পাওয়া যায়।

এই সমস্ত 'Asteroid' বা ক্ষুদ্রাকৃতি গ্রহগুলির কক্ষপথসমূহ প্রধান গ্রহগুলির কক্ষপথের মত নহে। আমরা লক্ষ্য করিয়াছি যে, প্রধান গ্রহগুলির কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের (এক্লিপটিক) সহিত প্রায় একই সমতলে অবস্থিত। Asteroid-এর ক্ষেত্রে এই নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা

৩। বুধ গ্রহের সহিত চন্দ্রের তুলনামূলক আলোচনা করুন। শুক্র গ্রহে কেন জীবের অস্তিত্ব সম্ভব নহে তাহার কয়েকটি কারণ বিশ্লেষণ করুন।

৪। মঙ্গল গ্রহের উপর জীবের অস্তিত্বের পক্ষে কি কি কারণ বর্তমান তাহা বর্ণনা করুন।

৫। প্রতি ৮ বৎসর পর পর শুক্র গ্রহের অবস্থান এবং প্রকৃতির (পৃথিবী থেকে লক্ষ্য করিলে) পুনরাবৃত্তি ঘটিয়া থাকে। ইহার কারণ বর্ণনা করুন।

৬। সূর্য হইতে একটি গ্রহের ক্ষুদ্রতম দূরত্ব (perihelion) $a(1-e)$ এবং বৃহত্তম দূরত্ব $a(1+e)$। যদি a, গড় দূরত্ব এবং e, কক্ষপথের eccentricity (চ্যাপ্টার পরিমাণ) হয়, তাহা হইলে মঙ্গল গ্রহের ($a=1.5$ A. U, $e=0.093$) সূর্য হইতে বৃহত্তম এবং ক্ষুদ্রতম দূরত্বের প্রভেদ কত?

৭। জুপিটারের বস্তুর পরিমাণ এবং ইহার ব্যাস পৃথিবীর বস্তু এবং ব্যাসের চেয়ে যথাক্রমে ৩১৮ এবং ১১ গুণ বড় হইলে পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণের সহিত জুপিটারের মাধ্যাকর্ষণের তুলনা করুন।

একাদশ অধ্যায়

সৌরজগতের অন্যান্য জ্যোতিষ্ক—ধূমকেতু, উল্কা এবং উল্কাস্রোত ও সৌরজগতের সৃষ্টি তত্ত্ব

আমরা এই অধ্যায়ে ধূমকেতু, উল্কাপাত সম্বন্ধে সংক্ষিপ্তভাবে আলোচনা করিব। এই সঙ্গে সৌরজগতের সৃষ্টি সম্বন্ধে বৈজ্ঞানিকদের মতামতের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দিব।

১১·১· ধূমকেতু (Comets)

আকাশে আমরা খালি চোখে কখনও কখনও ধূমকেতু দেখিয়া থাকি। একটি মাথার পিছনে প্রকাণ্ড একটি লেজ দেখিয়া ধূমকেতুকে সহজেই চিনিতে পারা যায়। অধিকাংশ ধূমকেতু আমরা চোখে দেখিতে পাই না। সৌখীন জ্যোতিবিদেরা ছোট ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে সন্ধ্যায় পশ্চিম আকাশে এবং ভোর রাত্রে পূর্বাকাশে নূতন বা পুরাতন ধূমকেতুর সন্ধানে রত থাকিতে পারেন। প্রতি বৎসর গড়ে ৫ কিংবা ৬টি করিয়া ধূমকেতুর সন্ধান পাওয়া যায়।

১১২· ধূমকেতুর কক্ষপথ

প্রত্যেকটি ধূমকেতু আপন কক্ষপথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করিয়া থাকে। ধূমকেতুগুলিকে কক্ষপথের বিচারে মোটামুটি দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। প্রথমতঃ দেখা যায় যে কতকগুলি ধূমকেতু প্রায় প্যারাবোলা (অপরবৃত্তাকার, parabolic) পথে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে। "প্রায় প্যারাবোলা" বলার কারণ হইল যে কক্ষপথগুলি প্রকৃত প্যারাবোলা হইলে জ্যোতিষ্ক সৌরজগৎ ত্যাগ করিয়া চলিয়া যাইবে। প্রকৃত পক্ষে এই সমস্ত কক্ষপথে বিচরণকারী ধূমকেতু বহু শত বৎসরে সূর্যকে প্রদক্ষিণ করে। এমন অনেক ধূমকেতু আছে যাহাদিগকে একাধিকবার দেখা যায় নাই। ইহা ছাড়া এই সমস্ত ধূমকেতুর কক্ষপথগুলি পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত অনেকটা হেলিয়া (highly inclined to ecliptic) থাকে।

দ্বিতীয় প্রকার ধূমকেতুগুলির কক্ষপথ উপবৃত্তাকার এবং ইহাদের পরিভ্রমণ কাল প্রায়ই ১০০ বৎসরের মধ্যে সীমাবদ্ধ। ইহারা সৌর-জগতের অন্যান্য জ্যোতিষ্কগুলির মতই বিচরণ করিয়া থাকে। প্রথমোক্ত ধূমকেতুগুলিকে non-periodic ধূমকেতু এবং শেষোক্ত ধূমকেতুগুলিকে periodic ধূমকেতু বলে। আমরা এখানে S B. Nicholson কর্তৃক ১৯৫৭ খ্রীস্টাব্দে প্রস্তুত তালিকা উদ্ধৃত করিলাম। এই তালিকায় এই শতাব্দীতে দৃষ্ট কতকগুলি ধূমকেতুর বর্ণনা দেওয়া হইল।

১নং টেবিল
Non- periodic Comets

নাম	যে বৎসর প্রথম দেখা গিয়াছে	সূর্যের নিকটতম অবস্থান (Perihelion)	সূর্য হইতে নিকটতম দূরত্ব A U	কক্ষপথের নতি
Skjellerup	১৯২৭	১৯২৭ ডিসেম্বর	০·১৮	৮৫°
Ryves	১৯৩১	১৯৩১ আগস্ট	০·০৬	১৬৭°
Peltier	১৯৩৬	১৯৩৬ জুলাই	১·১০	৭৯°
Finsler	১৯৩৭	১৯৩৭ আগস্ট	০ ৮৬	১৪৬°
Cunningham	১৯৪০	১৯৪১ জানুয়ারী	০·৩৭	৫২°
Paraskevopoulos	১৯৪১	১৯৪১ জানুয়ারী	০ ৭৯	১৬৮°
Whipple	১৯৪২	১৯৪৩ ফেব্রুয়ারী	১ ৩৬	২০°
Bester (১)	১৯৪৭	১৯৪৮ ফেব্রুয়ারী	০·৭৫	১৪০°
Bester (২)	১৯৪৭	১৯৪৭ ডিসেম্বর	০ ১১	১৩৮°
Honda-Bernoscorie (১)	১৯৪৮	১৯৪৮ মে	০ ২১	২৩°
,, (২)	.৯৪৮	১৯৪৮ অক্টোবর	০ ১৪	২৩°
Wilson-Harrington	১৯৫১	১৯৫২ জানুয়ারী	০·৭৯	১৫৩°
Mrkos (১)	১৯৫৫	১৯৫৫ জুন	০·৫৪	৮৭°
Arend-Roland	১৯৫৬	১৯৫৭ এপ্রিল	০ ৩২	১২০°
Mrkos (২)	১৯৫৭	১৯৫৭ আগস্ট	০ ৩৫	৯৪°

২নং টেবিল

Periodic Comets

ধূমকেতুর নাম	যে বৎসর প্রথম দেখা গিয়াছিল	যে বৎসর (শেষবার) দেখা গিয়াছে	আবর্তন কাল (Period) (বৎসর)	সূর্য হইতে নিকটতম দূরত্ব (A. U)
Encke	১৭৮৬	১৯৫৭	৩'৩০	০'৩৪
Pons Brooks	১৮১২	১৯৫৩	৭০ ৮৮	০'৭৭
Crommelin	১৮১৮	১৯৫৬	২৭ ৮৭	০ ৭৪
Pons-Winnecke	১৮১৯	১৯ ৫১	৬'২৬	১ ২৩
Faye	১৮৪৩	১৯৫৪	৭ ৪১	১'৬৫
d'Arrest	১৮৫১	১৯৫০	৬ ৬৯	১ ১৮
Temple 2	১৮৭৩	১৯৫৬	৫'৩১	১':৪
Giacobini-Zinner	১৯০০	(১৯৫৯)	৬ ৫৯	১ ০০
Grigg-Skjellerup	১৯০২	১৯৫৬	৪ ৯০	০ ৮৬
Daniel	১৯০৯	১৯৫০	৬ ৬৬	১ ৪৬
Schaumasse	১৯১১	১৯৫১	৮ ১৭	১ ২০
Neujmin	১৯১৩	১৯৪৮	১৭ ৯৩	১ ৫৪
Schwassmann Wachmann	১৯২৭	—	১৬ ১৫	৫'৫২
Oterma	১৯৪৩	—	৭'৯৫	৩ ৪১

প্রথম টেবিলে বর্ণিত ধূমকেতুগুলিব প্রায অর্ধেক সংখ্যক ধূমকেতুব কক্ষপথেব নতি ৯০° অপেক্ষা কম হওযাব ফলে ইহাদিগকে সূর্যেব চাবিদিকে পৃথিবীব অনুরূপ পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে আবর্তন কবিতে দেখা যায। পক্ষান্তবে ৯০° অপেক্ষা অধিক নতি-সম্পন্ন ধূমকেতুগুলিকে বিপবীত দিকে আবর্তন কবিতে দেখা যায।

দ্বিতীয টেবিলে বর্ণিত ধূমকেতুগুলিব আবর্তন কাল অপেক্ষাকৃত কম। এই টেবিলের শেষোক্ত ধূমকেতু দুইটি যখন সূর্যের নিকটতম

দূরত্বে আসে তখন পৃথিবীর বিপরীতমুখী (opposition) প্রতি অবস্থানেই ইহাকে দেখা যায়। Schwassmann-Wachmann ধূমকেতুটির কক্ষপথ বৃহস্পতি (Jupiter) ও শনি (Saturn) গ্রহের কক্ষপথের মধ্যবর্তী।

১১৩. বৃহস্পতি গ্রহের ধূমকেতুগুলি

প্রায় বিশটি ধূমকেতুর কক্ষপথ এমন যে তাহারা স্বীয় কক্ষপথে আবর্তন কালে বৃহস্পতি গ্রহের অতি নিকটে আসিয়া পড়ে এবং গ্রহের মাধ্যাকর্ষণ দ্বারা প্রভাবান্বিত হয়। ইহার ফলে ধূমকেতুর কক্ষপথের অবস্থান পরিবর্তিত হইয়া পড়ে। এই সমস্ত ধূমকেতুর আবর্তন কাল সাধারণতঃ ৫ হইতে ৯ বৎসরের মধ্যে। ইহাদিগকে "বৃহস্পতির ধূমকেতু" বলে।

১১৪ হ্যালির ধূমকেতু (Halley's Comet)

এই বিখ্যাত ধূমকেতুটিকে Edmund Halley নামক জ্যোতির্বিদের নামানুসারে নামকরণ করা হইয়াছে। Halley সর্বপ্রথম এই ধূমকেতুর প্রত্যাবর্তন সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করেন। তিনি ১৬৮২ খ্রীস্টাব্দের ধূমকেতুর কক্ষপথের অবস্থান গণনা করেন এবং এই গণনার সহিত ১৫৩১ এবং ১৬০৭ খ্রীস্টাব্দের ধূমকেতুর কক্ষপথের অবস্থান মিলাইয়া সিদ্ধান্ত করেন যে এই তিনটি কক্ষপথ একই ধূমকেতুর কক্ষপথ এবং সেই সঙ্গে ইহার ১৭৫৮ খ্রীস্টাব্দের প্রত্যাবর্তন সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করেন। প্রকৃতপক্ষে ধূমকেতুটি ঐ সময়ে দেখা গিয়াছিল। ইহাকে পুনরায় ১৮৩৫ এবং ১৯১০ খ্রীস্টাব্দে দেখা গিয়াছিল। ইহাকে পুনরায় ১৯৮৫ খ্রীস্টাব্দে সূর্যোদয়ের পূর্বে দেখা যাইবে। ইহার আবর্তন কাল প্রায় ৭৭ বৎসর। গ্রহগুলির মাধ্যাকর্ষণের প্রভাবে ইহার আবর্তন কালে কিছুটা ব্যতিক্রম দেখা যায়।

১১.৫. ধূমকেতুর প্রকৃতি (Its nature)

ধূমকেতুর যে অংশ সর্বাধিক ভারী (head) সেই অংশ Methane, ammonia এবং water দ্বারা তৈরী। এই গ্যাসগুলি জমানো অবস্থায়

থাকে। ইহা ছাড়া ধাতব পদার্থের ধূলি ইহার মাথায় মেঘের আকারে বিরাজ করিতেছে। যখন ধূমকেতু সূর্যের নিকটতম দূরত্বে (perihelion) আসে তখন ইহার জমাট বাঁধা পদার্থগুলি বাষ্পীভূত হইয়া ধূমকেতুর লেজের (tail) দিকে ছড়াইয়া পড়ে।

১১৬ উল্কাপাত এবং উল্কাস্রোত (Meteors & Meteor Streams)

আকাশে সূর্যের চারিদিকে আবর্তনরত ছোট বড় শিলা বা পাথর (Stone) বা শিলাকণাকে উল্কা (Meteor) নাম দেওয়া হইয়াছে। সৌরজগতে অবিরত সূর্যের চারিদিকে আবর্তন করিবার সময় ইহারা যখন পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের সংস্পর্শে আসে তখন বায়ুমণ্ডলের সহিত সংঘর্ষে ভস্মীভূত হইয়া গ্যাসে পরিণত হয়। ফলে আমরা আকাশে উল্কাপাত দেখিয়া থাকি। কোনও কোনও সময় কোন ধূমকেতু হইতে উৎপন্ন উল্কাস্রোত পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের সংস্পর্শে আসিয়া পড়ে। উল্কা স্রোতের শিলাকণাগুলির কতকাংশ গ্যাসে পরিণত না হইয়া সোজা-সুজি ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হইয়া পৃথিবীর ওজন (mass) বৃদ্ধি করে। জনৈক বৈজ্ঞানিকের গণনানুযায়ী দেখা যায়, এইরূপে প্রতি দিবারাত্রিতে উল্কা-পাতের ফলে পৃথিবীর বস্তুর পরিমাণ প্রায় ২০ টন বৃদ্ধি পাইতেছে। যে-কোন স্থানে রাত্রিকালে পৃথিবীর আবর্তনের দিক উল্কাগুলির গতি অনুসরণ করে বলিয়া উল্কাপাতের পরিমাণ কম এবং দিনের বেলায় পৃথিবীর আবর্তনের দিক উল্কার গতির বিপরীত দিকে হওয়ার জন্য উল্কাবৃষ্টি দিনের বেলায় বেশী হয়। কিন্তু সূর্যের আলোর জন্য আমরা এই উল্কাবৃষ্টি দেখিতে পাই না। দ্রুতগামী উল্কাপাত সাধারণতঃ আকাশে ৮০ মাইল হইতে ৬০ মাইল উর্ধ্বে ঘটিয়া থাকে এবং অপেক্ষাকৃত ধীরগামী উল্কাপাত ৬০ হইতে ২৫ মাইল উর্ধ্বে ঘটে।

বায়ুমণ্ডলে প্রবেশ করিবার সময় কোন উল্কার গতিবেগ জানা সম্ভব হইলে, ইহার কক্ষপথ নির্ণয় করা যায়। যদি ইহার গতিবেগ প্রতি সেকেণ্ডে ২৬ মাইলের অধিক হয় তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে উল্কাটি সৌরজগতের অন্তর্ভুক্ত নহে। যে উল্কার গতিবেগ ২৬ মাইলের কম তাহারা সৌরজগতে অধিবাসী।

১১.৭. উল্কাপিণ্ড (Meteorite)

উল্কাপিণ্ড একটা বড আকারের পাথর (Stone)। ইহা ধাতব পদার্থ (লৌহ) দ্বারা তৈরারী। উল্কাপাতের অবশিষ্ট হিসাবে ইহা ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয এবং অভ্যন্তরে প্রথিত হইযা পড়ে। প্রায ১৬০০ খ্রীস্টাব্দ হইতে পৃথিবীর বিভিন্ন অংশে যে উল্কাপিণ্ড পতিত হইযাছে তাহার ক্যাটালগ (Catalogue) প্রস্তুত করা হইযাছে। আমেরিকার অরিগন (Oregon), আরিজনা (Arizona) অঞ্চলে পতিত উল্কাপিণ্ডগুলি আমেরিকার যাদুঘরসমূহে রক্ষিত আছে।

উল্কাপিণ্ডগুলি দেখিতে সাধারণ বৃহদাকারের পাথরের ন্যায। ইহাদের উপরিভাগ মসৃণ পাতলা কৃষ্ণ আবরণে আচ্ছাদিত। বাযুমণ্ডলের মধ্যে গতিশীল থাকিবার কালে ইহার আকার প্রকৃত রূপ গ্রহণ করে। উত্তপ্ত গ্যাসের সংমিশ্রণে ইহার উপরিভাগ গলিযা মসৃণ হয। সাধারণতঃ উল্কাপিণ্ডের অভ্যন্তরভাগ অসংখ্য ছিদ্রযুক্ত। ধাতব পদার্থের মিশ্রণে ইহারা তৈরারী। ইহাদের ওজন প্রায ১ টনের অধিক হইযা থাকে। নিকেল এবং লৌহই উল্কাপিণ্ডের প্রধান উপাদান। দক্ষিণ-পশ্চিম আফ্রিকার "হোবা" (Hoba) উল্কাপিণ্ডের উপরিভাগ ৯×১০ ফুট এবং প্রায ৩ ফুট উচ্চ। আমেরিকার Willamette উল্কাপিণ্ডের ওজন প্রায ১৫ টন। ইহা ১৯০২ খ্রীস্টাব্দে আবিষ্কৃত হইযাছিল। ১৯০৮ খ্রীস্টাব্দের ৩০ জুন তারিখে সাইবেরিযাতে জঙ্গল এলাকায দিনের বেলায বিশাল এক উল্কাপিণ্ডের পতন হয। ইহার পতনের সময় যে অগ্নিপিণ্ড সৃষ্ট হয তাহা শত শত মাইল দূরে দেখা গিযাছিল। প্রায ৩০ হইতে ৩০ মাইল পর্যন্ত গাছ-পালা ধ্বংস হইযা গিযাছিল।

১১.৮. সৌরজগতের সৃষ্টিতত্ত্ব

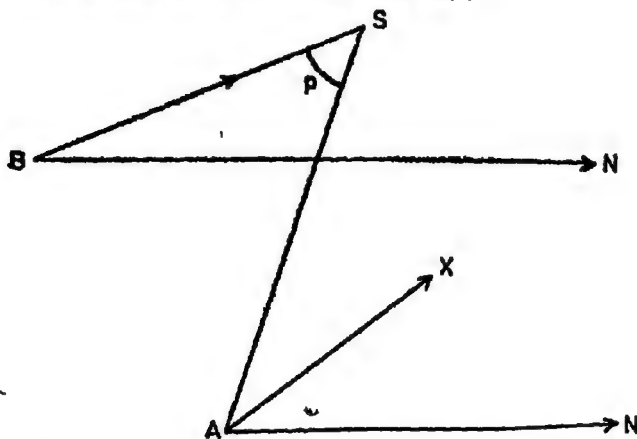
১৭৯৬ খ্রীস্টাব্দে ফরাসী দেশীয পণ্ডিত লাপলাস (Laplace) সর্বপ্রথম সৌরজগতের সৃষ্টি সম্বন্ধে "নেবুলা" তত্ত্বের উদ্ভাবন করেন। এই তত্ত্ব অনুযাযী সূর্যের চারিপার্শ্বে আবর্তনরত এক বিশাল গ্যাসের কুণ্ডলী হইতে সর্বপ্রথম গ্রহ-উপগ্রহ ইত্যাদির সৃষ্টি হয। এই কুণ্ডলী

দ্বাদশ অধ্যায়

কৌণিক ভ্রান্তি

(PARALLAX ERROR)

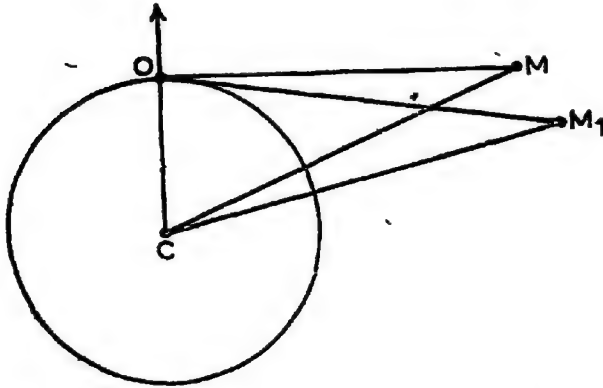
১২.১.

মনে করুন ভূ-পৃষ্ঠের দুইটি স্থান A এবং B হইতে কোন নির্দিষ্ট দিকের সহিত একটি জ্যোতিষ্কের কৌণিক ব্যবধান নির্ণয় করা হইল। মনে করুন S দ্বারা জ্যোতিষ্কের অবস্থান, AN দ্বারা নির্দিষ্ট দিক্‌কে বুঝান হইল। A-বিন্দুতে S, AN-এর সহিত $\angle SAN$ কোণ উৎপন্ন করিল। সেইরূপ B বিন্দুতে S, AN-এর সমান্তরাল BN-এর সহিত $\angle SBN$ কোণ উৎপন্ন করিল। দেখা যায় যে এই কোণ দুইটি সমান না হইয়া উহাদের প্রভেদ $\angle BSA = P$-এর সমান।

এই প্রভেদকে জ্যোতিষ্কের দুই স্থানের কৌণিক ভ্রান্তি বলে। এই দুইটি স্থানের একটি যদি ভূ-পৃষ্ঠে এবং আর একটি যদি ভূ-কেন্দ্রে গ্রহণ করা হয় তাহা হইলে AN-কে পৃথিবীর ব্যাসার্ধের সমান লইয় আমরা যে কৌণিক ভ্রান্তি পাইব তাহাকে ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তি (geocentric parallax) বা শুধু ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি বলে।

আবার A বিন্দুকে ভূ-কেন্দ্রে এবং B বিন্দুকে সূর্যের কেন্দ্রস্থলে ধরিয়া যে কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করা হয় তাহাকে সু-কেন্দ্রিক (সূর্য কেন্দ্রিক

বা সৌর কেন্দ্রিক) বা বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি (Annual parallax) বলে। অতএব কৌণিক ভ্রান্তি দুই প্রকার যথা ঃ—
(ক) ভূ-কেন্দ্রিক এবং (খ) সূ-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক।

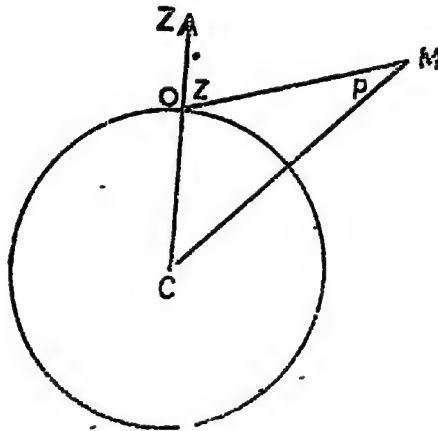
১২.২ ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি

কোন স্থানে ভূ-কেন্দ্র হইতে অঙ্কিত ব্যাসার্ধ কোন জ্যোতিকে যে কোণ উৎপন্ন করে সেই কোণকে ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি বলে। মনে করুন C পৃথিবীর কেন্দ্র এবং O বিন্দু ভূ-পৃষ্ঠে কোন স্থান নির্দেশ করিতেছে। M একটি জ্যোতিকের অবস্থান। $\angle OMC$=ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি।

যখন জ্যোতিকটি আকাশে উদয় হইতে থাকে অর্থাৎ যখন ইহা দিগন্ত বৃত্তের উপর অবস্থান করে তখন যে ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি সৃষ্ট হয় তাহাকে উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি (horizontal parallax) বলে।

১২.৩. ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তির প্রভাব

পৃথিবীকে একটি গোলক মনে করিয়া C বিন্দুকে উহার কেন্দ্র এবং O বিন্দুকে ভূ-পৃষ্ঠে কোন নির্দিষ্ট স্থান ধরিয়া লইলে জ্যোতিকের নির্ণীত জেনিথ দূরত্ব $\angle ZOM$-কে আমরা লিখিতে পারি

$$\angle ZOM = \angle ZCM + \angle CMO.$$
$$Z = \angle ZCM + p$$

অতএব ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তির ফলে প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব ভূ-কেন্দ্রিক জেনিথ দূরত্ব অপেক্ষা বেশী হয়।

ভূ-কেন্দ্রিক জেনিথ দূরত্ব

মনে করুন $a = CO =$ পৃথিবীর ব্যাসার্ধ।

$d = CM =$ জ্যোতিষ্কের দূরত্ব (চন্দ্র।)

$Z = \angle ZOM =$ প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব

$p =$ ভ্রান্তি

OCM ত্রিভুজ হইতে আমরা লিখিতে পারি যে

$$\frac{\sin CMO}{CO} = \frac{\sin COM}{CM}$$

অথবা
$$\frac{\sin p}{a} = \frac{\sin(180° - Z)}{d}$$

অথবা
$$\sin p = \frac{a}{d} \sin Z \qquad (১)$$

যদি $P =$ উদয়কালীন ভ্রান্তির পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\sin P = \frac{a}{d} \sin 90° = \frac{a}{d} \qquad (২)$$

(1) এবং (২) হইতে আমরা লিখিতে পারি

$$\sin p = \sin P \sin Z \qquad (৩)$$

যেহেতু p এবং P-এর মান অতি সামান্য, অতএব আমরা $\sin p \approx p$ এবং $\sin P \approx P$ লইয়া

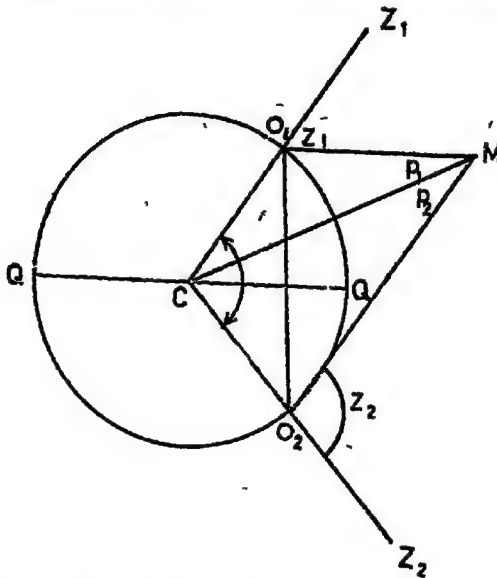
$$p = P \sin Z \qquad (8)$$

যদি p এবং P-কে রেডিয়ানের পরিবর্তে সেকেণ্ডে পরিবর্তন করা যায় তাহা হইলেও

$$p'' = P'' \sin Z$$

চন্দ্রের ক্ষেত্রে $P = \frac{a}{d} = 57'o$ প্রকৃত মান $3422''7$

১২ ৪. চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তির পরিমাণ নির্ণয়

মনে করুন O_1 এবং O_2 ভূ-পৃষ্ঠে দুইটি নির্দিষ্ট স্থান এবং তাহারা একই দ্রাঘিমা রেখায় অবস্থিত। ফলে চন্দ্র একই সময়ে উভয় স্থানের

মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে। যদি φ_1, φ_2 স্থান দুইটির অক্ষাংশ হয় তাহা হইলে $\angle O_1CO_2 = \varphi_1 + \varphi_2$। চিত্র হইতে আমরা পাই

$$\angle CO_1O_2 = \angle CO_2O_1 = \tfrac{1}{2}(180^0 - \varphi_1 - \varphi_2) \qquad (৫)$$
$$= 90^0 - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

$$\therefore \quad \angle MO_1O_2 = 180^0 - Z_1 - \left(90^0 - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right)$$
$$= 90^0 + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - Z_1 \qquad (৬)$$

এবং $$\angle MO_2O_1 = 180^0 - Z_2 - \left(90^0 - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right)$$
$$= \frac{90^0 + \varphi_1 + \varphi_2}{2} - Z_2 \qquad (৭)$$

$$\angle O_1MO_2 = (Z_1 + Z_2) - (\varphi_1 + \varphi_2) \qquad (৮)$$

যদি P'' = উদযকালীন ভ্রান্তি, তাহা হইলে

$$p_1'' = P'' \sin Z_1, \quad p_2'' = P'' \sin Z_2 \qquad (৯)$$
$$P_1'' + P''_2 = P'' (\sin Z_1 + \sin Z_2)$$

অথবা $$P'' = \frac{P_1'' + P_2''}{\sin Z_1 + \sin Z_2} \qquad (১০)$$

(৮), (৯) এবং (১০) হইতে, যেহেতু $p_1'' + p_2'' = \angle O_1MO_2$,

$$P'' = \frac{(Z_1 + Z_2) - (\varphi_1 + \varphi_2)}{\sin Z_1 + \sin Z_2}$$

যদি আমরা CM এবং p_1, p_2-এব মান নির্ণয কবিতে চাই, তাহা হইলে আমবা নিম্নলিখিত সূত্র অবলম্বন কবি—

এখানে $$O_1O_2 = 2O_1C \sin \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \qquad (১১)$$

O_1O_2M ত্রিভুজ হইতে $\angle O_1O_2M$, O_1M এবং O_2M-এব মান নির্ণয কবা যায। এবং CO_1M ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$CM^2 = CO_1^2 + O_1M^2 - 2CO_1 \quad O_1M \cos (180^\circ - Z_1)$$
$$= CO_1^2 + O_1M^2 + 2CO_1 \quad O_1M \cos Z_1 \qquad (১২)$$

অতএব CM (চন্দ্রেব দূবত্ব) নির্ণয কবা যায।

উদাহরণ ১৭। একই দ্রাঘিমায অবস্থিত দুইটি স্থান (স্থানীয অক্ষাংশ যথাক্রমে $\varphi_1 = 51^0 30' N$, $\varphi_2 = 35^0 56' S$) হইতে চন্দ্রেব কেন্দ্র-বিন্দুব

জেনিথ দূরত্ব মাপিয়া উহাদের মান যথাক্রমে $36^\circ 52'$ এবং $51^\circ 54'$ পাওয়া গেল। ইহা হইতে চন্দ্রের উদয়কালীন ভ্রান্তি এবং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে দূরত্ব নির্ণয় করুন।

মনে করুন প্রতিসরণজনিত সংশোধনের পরিমাণ R_1'' এবং R_2'' তাহা হইলে

$$R_1 = 58''2 \ \tan \ 36^\circ 52' = 43\cdot''65$$

$$R_2 = 58\ 2'' \ \tan \ 51^\circ 54' = 74\cdot''22$$

অতএব, চন্দ্রের জেনিথ দূরত্ব যথাক্রমে

$$Z_1 = 36^\circ 52' \ 43\cdot''65$$

$$Z_2 = 51^\circ 55' \ 14\cdot''22$$

মনে করুন O_1, O_2 স্থানের ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি যথাক্রমে p_1, p_2 এবং Z_1, Z_2 যথাক্রমে z_1, z_2-এর স্থলে প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব। অতএব

$$p_1 = z_1 - Z_1, \quad p_2 = z_2 - Z_2$$

$$p_1 + p_2 = (z_1 + z_2) - (Z_1 + Z_2)$$

$$= 88^\circ 47' 57''87 - (\varphi_1 + \varphi_2) \text{ যেহেতু } Z_1 + Z_2 = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$= 88^\circ 47' 57\cdot''87 - 87^\circ 26'$$

$$= 1^\circ 21' 57''87$$

কিন্তু $p_1 = P'' \sin z_1 = P'' \sin 36^\circ 52' 43''65$

এবং $p_2 = P'' \sin \ z_2 = P'' \sin 51^\circ 55' 14''\cdot 22$

$$P' \ (\sin 36^\circ 52' \ 43''65 + \sin 51^\circ 55' 14''22) = 1^\circ 21' 57\cdot''87$$

অথবা $P'' \ (\ 5997 + \cdot 7853) = 1^\circ 21' 57\cdot''87$

অথবা $P' \times 1.3850 = 4917\ 87''$

$$P'' = 3550'' = 59' 10''$$

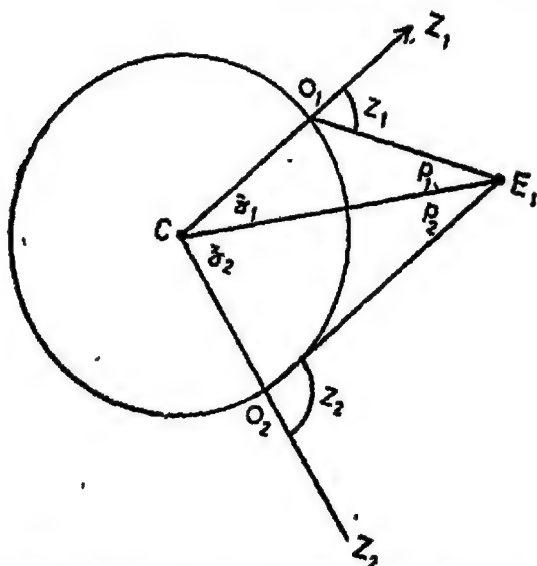
আবার $P = \dfrac{a}{d}$, a = পৃথিবীর ব্যাসার্ধ, d = চন্দ্রের দূরত্ব

$$d = \frac{206265 \times a}{3550} \text{ মাইল}$$

$$= \frac{206265 \times 3960}{3550}$$

$$= 231720 \text{ মাইল} \qquad \text{(আসন্ন মানে)}$$

১২.৫. Eros (asteroid)-এর কৌণিক ভ্রান্তির সাহায্যে সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয়

যখন Eros সূর্যের বিপরীত দিকে অবস্থান করে তখন ইহার কৌণিক ভ্রান্তি গণনা করিয়া আমরা সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করিতে পারি।

মনে করুন ভূ-পৃষ্ঠে O_1 এবং O_2 দুইটি স্থান বিষুবরেখা হইতে সমদূরবর্তী প্রায় একই দ্রাঘিমায় অবস্থিত। মনে করুন asteroid Eros E_1 বিন্দুতে পৃথিবীর তুলনায় সূর্যের বিপরীত দিকে অবস্থান করিতেছে। মনে করুন Z_1, Z_2 E_1-এর জেনিথ দূরত্ব এবং p_1, p_2 যথাক্রমে কৌণিক ভ্রান্তি। তাহা হইলে

$$Z_1 = p_1 + z_1$$
$$Z_2 = p_2 + z_2$$
$$\therefore \quad Z_1 + Z_2 = (p_1 + p_2) + (z_1 + z_2).$$

কিন্তু $z_1 + z_2 = \varphi_1 + \varphi_2$, (φ_1 φ_2 স্থানীয় অক্ষাংশ)

$$\therefore \quad p_1 + p_2 = Z_1 + Z_2 - (\varphi_1 + \varphi_2).$$

এখন, $p_1 = P_{E_1} \sin Z_1$ এবং $p_2 = P_{E_1} \sin Z_2$. (এখানে P_{E_1}, E_1-এর ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি)।

অতএব $P_{E_1}(\sin Z_1+\sin Z_2)=Z_1+Z_2-(\varphi_1+\varphi_2)$

অথবা, $$P_{E_1}=\frac{Z_1+Z_2-(\varphi_1+\varphi_2)}{\sin Z_1+\sin Z_2} \quad (১৩)$$

মনে করুন ভূ-কেন্দ্র হইতে E_1 এর দূরত্ব $=x$. এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ $=r$

$$\frac{r}{x}=P_{E_1} \text{ অথবা } x=\frac{r}{P_{E_1}} \text{ মাইল} \quad (১৪)$$

মনে করুন সূর্য হইতে পৃথিবী এবং Eros (E_1-এর অবস্থানে)-এর দূরত্ব যথাক্রমে a_1 এবং a_2

তাহা হইলে, $$a_2-a_1=x=\frac{r}{P_{E_1}} \quad (১৫)$$

মনে করুন T_1 এবং T_2 যথাক্রমে পৃথিবী এবং Eros-এর সূর্যের চারিদিকের আবর্তন সময়। তাহা হইলে Kepler-এর তৃতীয় নিয়ম হইতে আমরা পাই $\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{a_1^3}{a_2^3}$

অথবা, $$\frac{a_2}{a_1}=T_2^{2/3} \quad (\quad T_1=\text{এক বৎসর}) \quad (১৬)$$

(১৫) এবং (১৬) হইতে আমরা পাই

$$a_1(T_2^{2/3}-1)=\frac{r}{P_{E_1}}$$

অথবা, $$a_1=\frac{r}{P_{E_1}(T_2^{2/3}-1)} \text{ মাইল} \quad (১৭)$$

(১৭) হইতে আমরা সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব পাইতে পারি।

সর্বশেষে, মনে করুন সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি $=P_S$. তাহা হইলে

$$P_S=\frac{r}{a_1}=P_{E_1}(T_2^{2/3}-1) \quad (১৮)$$

পর্যবেক্ষণ হইতে দেখা গিয়াছে যে, $P_S=8''790$

অতএব $a_1=93,005,000$ মাইল।

১২.৬ একটি জ্যোতিষ্কের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি এবং ইহার গড় দূরত্ব

মনে করুন জ্যোতিষ্কটি যখন উদয় হইতেছে তখন ইহার কৌণিক ভ্রান্তির পরিমাণ P'', এখানে $Z=90°$

সুতরাং $\sin \frac{P}{206265} = \frac{a}{d} \sin 90° = \frac{a}{d}$

যেহেতু $\frac{P}{206265}$ এর মান ক্ষুদ্র, অতএব আমরা লিখিতে পারি যে

$$\sin \frac{P}{206265} \approx \frac{P}{206265}$$

$$\therefore \frac{P}{206265} = \frac{a}{d}$$

অথবা $P'' = \frac{a}{d} \times 206265$

এবং $d = \frac{a \times 206265}{P} = \frac{3960 \times 206265}{P}$

উদাহরণ ১৮। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব যদি পৃথিবীর ব্যাসার্ধের 60 গুণ হয় তাহা হইলে চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি কত হইবে নির্ণয় করুন।

এখানে চন্দ্রের কৌণিক ভ্রান্তিকে P ধরিয়া আমরা পাই

$$P = \frac{a}{d} \times 206265 = \frac{a}{60a} \times 206265$$

$$P = 3437''75$$

$$= 57' 17''75$$

উদাহরণ ১৯। সূর্যের উদয়কালীন ভ্রান্তিকে 8.″790 ধরিয়া এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধকে 3960 মাইল ধরিয়া সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব নির্ণয় করুন।

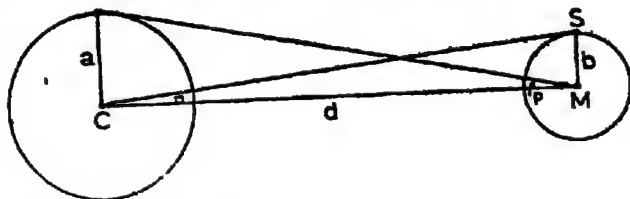
মনে করুন নির্ণেয় দূরত্ব = d মাইল

তাহা হইলে $d = \frac{a \times 206265}{P''} = \frac{3960 \times 206265}{8.790}$

$= 92,924,847$ মাইল।

১২ ৭ উদয়কালীন ভ্রান্তি এবং কৌণিক ব্যাস হইতে চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাস নির্ণয়

মনে করুন C, M যথাক্রমে পৃথিবী এবং চন্দ্রের কেন্দ্র, a, b উহাদের ব্যাসার্ধ এবং p'', চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি। আরও মনে

করুন যে ভূ-কেন্দ্রে চন্দ্রের ব্যাসার্ধ m কোণ উৎপন্ন করিয়াছে এবং মনে

করুন CM=d তাহা হইলে

$$\sin\frac{p}{206265}=\frac{a}{d} \qquad (১৯)$$

এবং,
$$\sin\frac{m}{206265}=\frac{b}{d} \qquad (২০)$$

(১৯) কে (২০) দ্বারা ভাগ করিয়া এবং $\sin\frac{P}{206265}\approx\frac{P}{206265}$

$\sin\frac{m}{206265}\approx\frac{m}{206265}$ লিখিয়া আমরা পাই

$$\frac{p}{m}=\frac{a}{b}$$

অথবা
$$b=\frac{a\times m}{p} \text{ মাইল} \qquad (২১)$$

মনে করুন $p=57'2''$, $m=31', 5''$

এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ=3960 মাইল।

$$\text{চন্দ্রের ব্যাস}=2b=\frac{2a\times m}{p}=\frac{a\times 2m}{p}$$

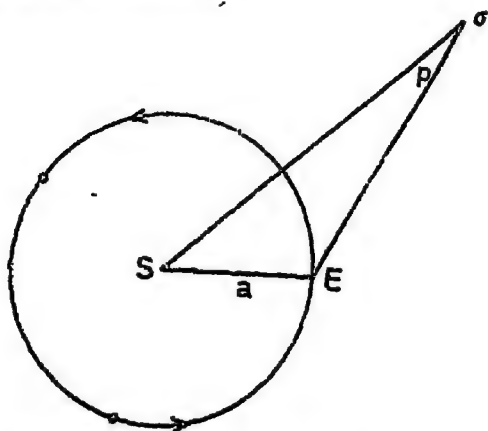
অথবা
$$2b=\frac{3960\times 31'5''}{57'2''}$$

$$=2158 \text{ মাইল।}$$

১২৮ সূ-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি (Annual parallax)

সাধারণতঃ দূরবর্তী গ্রহগুলি এবং নক্ষত্রগুলি এত দূরে অবস্থিত যে তাহাদের ভূ কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তির পরিমাণ নিতান্ত নগণ্য। সেই জন্য পৃথিবীর ব্যাসার্ধকে অবলম্বন না করিয়া পৃথিবীর কেন্দ্রের সহিত

সূর্যের কেন্দ্রের দূরত্বকে অবলম্বন করিয়া অথবা উভয়ের কেন্দ্র সংযোগকারী সরলরেখাকে অবলম্বন করিয়া যে কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করা হয় তাহাকে সূর্য-কেন্দ্রিক বা সূ-কেন্দ্রিক বা বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি (annual parallax) বলে।

মনে করুন σ দ্বারা একটি নক্ষত্র, S দ্বারা সূর্য এবং E দ্বারা পৃথিবীকে নির্দিষ্ট করা হইল। তাহা হইলে $S\sigma$=সূর্য হইতে নক্ষত্রের দূরত্ব (heliocentric distance), $E\sigma$=পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে নক্ষত্রের দূরত্ব, ES=সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব।

তাহা হইলে $\angle E\sigma S = p$ দ্বারা সূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তির পরিমাণ বুঝাইবে।

এখন $SE\sigma$ ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$\frac{\sin p}{a} = \frac{\sin E}{d}, \quad d = S\sigma$$

এই সমীকরণ হইতে আমরা দেখিতেছি যে $E=90°$ হইলে p এর মান সর্বাধিক হইবে।

মনে করুন $p = \pi$ যখন $E = 90°$

অর্থাৎ $\sin \pi = \frac{a}{d} \sin 90° = \frac{a}{d}$

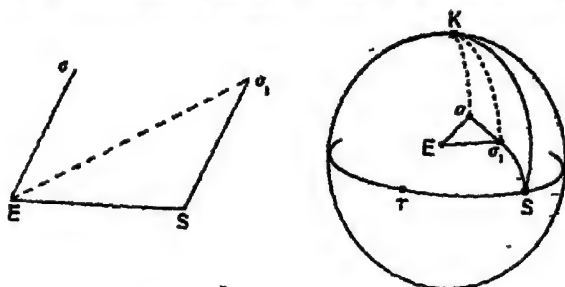
অতএব $\sin p = \frac{a}{d} \sin E$

অর্থাৎ $\sin p = \sin \pi \sin E.$

যেহেতু p এবং π-এর মান সর্বদাই অতি ক্ষুদ্র, অতএব আমরা লিখিতে পারি যে, $\sin p \approx p$, $\sin \pi \approx \pi$

$$p = \pi \sin E \quad (\text{আসন্ন মান}) \qquad (২২)$$

১২৯. বাৎসরিক ভ্রান্তিজনিত ফলাফল

মনে করুন একটি নক্ষত্র, পৃথিবী এবং সূর্যের অবস্থান যথাক্রমে σ, E এবং S দ্বারা সূচিত হইল। $E\sigma$, $S\sigma_1$-এর সমান্তরাল। অতএব $E\sigma$, $E\sigma_1$, $S\sigma_1$ একই সমতলে অবস্থিত। মনে করুন $E\sigma_1$, $E\sigma$ এবং ES স্থানীয় মহাগোলককে যথাক্রমে σ_1, σ এবং S বিন্দুতে ছেদ করিল।

অতএব σ, σ_1 এবং S একই মহাবৃত্তে ছেদ করিবে এবং S এক্লিপটিকের উপর অবস্থান করিবে। যেহেতু পৃথিবী হইতে নক্ষত্রকে $E\sigma_1$-এর দিকে দেখা যায় অতএব E বিন্দুতে সূর্য এবং নক্ষত্রের কৌণিক দূরত্ব = $\angle \sigma_1 ES$ অথবা σS কিন্তু প্রকৃত কৌণিক দূরত্ব = $\angle \sigma ES$

$$\angle \sigma ES = \angle \sigma S\sigma_1 + \angle \sigma_1 ES$$

= বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি + E বিন্দুতে সূর্য এবং নক্ষত্রের কৌণিক ব্যবধান।

অতএব আমরা পাই যে

(a) বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তির জন্য একটি নক্ষত্রকে সূর্যের দিকে সরিয়া আসিতে দেখা যায়,

(b) বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি সূর্য হইতে নক্ষত্রের কৌণিক ব্যবধানের সহিত (22) সমীকরণ দ্বারা যুক্ত।

(c) বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তির জন্য (i) আকাশে সাধারণ স্থানে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে একটি ক্ষুদ্রাকার উপবৃত্তে পরিভ্রমণ করিতে দেখা যায়; (ii) এক্লিপটিকের পোলে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে বৃত্তাকারে এবং (iii) এক্লিপটিকে অবস্থিত একটি নক্ষত্রকে একটি সরলরেখায় ইতস্ততঃ পরিভ্রমণ করিতে দেখা যায়। শেষোক্ত ক্ষেত্রে সরলরেখাটি প্রকৃতপক্ষে মহাবৃত্তের একটি অংশবিশেষ।

(i) মনে করুন σ নক্ষত্রের একটি সাধারণ অবস্থান (এক্লিপটিক এবং ইহার পোল্ ব্যতীত)। মনে করুন σ_1 এবং σ যথাক্রমে ভূকেন্দ্রিক (geocentric) এবং সূ-কেন্দ্রিক (helio-centric) অবস্থান S, সূর্যের অবস্থান। মনে করুন σM, $K\sigma_1$-এর উপর লম্ব। মনে করুন (λ, β) এবং (λ', β') যথাক্রমে σ এবং σ_1-এর মহাদ্রাঘিমা এবং অক্ষাংশ এবং $\gamma S = \odot$, $\angle \sigma_1 ES = \theta$

σMকে x-অক্ষ এবং σM-এর উপর লম্ব বৃত্তাংশকে y-অক্ষ রেখা কল্পনা করিয়া, $\angle M\sigma\sigma_1 = \eta$ ধরিয়া আমরা $\sigma M \sigma_1$ ত্রিভুজ হইতে পাই

$$x = \sigma M = \sigma\sigma_1 \text{ Cos } \eta = \pi \sin\theta \text{ Cos } \gamma$$

$$\therefore \quad x = \pi \sin\theta \sin\left(\frac{\pi}{2} + \eta\right) \qquad \angle K\sigma M = \frac{\pi}{2}$$

$$= \pi \sin KS \sin \sigma KS$$

$$= \pi \sin(\odot - \lambda) \qquad (২৩)$$

এবং $y = M\sigma\sigma_1 = \sigma_1 \sin\eta = -\pi \sin\theta \text{ Cos}\left(\frac{\pi}{2} + \eta\right)$

$$\therefore \quad y = -\pi(\text{Cos } KS \sin K\sigma - \sin KS \text{ Cos } K\sigma \text{ Cos } \sigma KS$$

$$=\pi \sin\beta \cos(\odot-\lambda) \qquad (২৪)$$

(২৩) এবং (২৪) হইতে আমরা পাই

$$\frac{x^2}{\pi^2}+\frac{y^2}{\pi^2\sin^2\beta}=1 \qquad (২৫)$$

(২৫) সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে, σ_1, σ-কে কেন্দ্র করিয়া উপবৃত্তাকারে পরিভ্রমণ করিয়া থাকে।

(ii) যদি নক্ষত্রটি K বিন্দুতে অবস্থান করে অর্থাৎ এক্লিপটিকের পোলে অবস্থান করে তাহা হইলে নক্ষত্রের অক্ষাংশ = 90° এবং (২৫) হইতে আমরা পাই

$$\frac{x^2}{\pi^2}+\frac{y^2}{\pi^2\sin^2 90^\circ}=1$$

$$\text{অথবা,}\quad x^2+y^2=\pi^2 \qquad (২৬)$$

(২৬) সমীকরণ হইতে দেখা যায় যে এক্লিপটিকের পোলে অবস্থিত নক্ষত্র একটি বৃত্তাকার পথে পরিভ্রমণ করে।

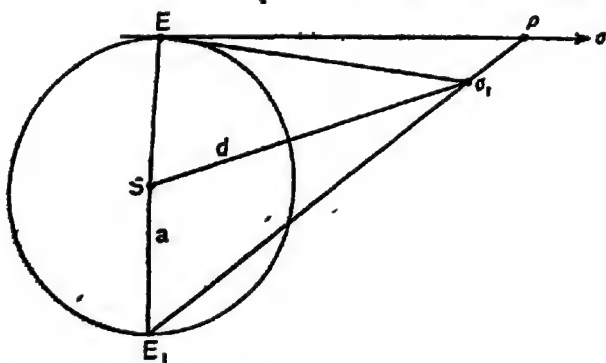
(iii) সর্বশেষে, যদি নক্ষত্রটি এক্লিপটিকের উপর অবস্থান করে তাহা হইলে $\beta=0$ এবং (২৩) এবং (২৪) হইতে আমরা পাই—

$$x=\pi\sin(\odot-\lambda)$$
$$y=0$$

অতএব এমতাবস্থায় নক্ষত্রটিকে একটি সরলরেখায় ভ্রমণ করিতে দেখা যাইবে।

১২.১০ নক্ষত্রের বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয়

মনে করুন সূর্য, S হইতে d দূরত্বে একটি নক্ষত্র σ_1 অবস্থান করিতেছে। মনে করুন বৃত্তাকার কক্ষপথে ছয় মাসের ব্যবধানে পৃথিবী E এবং E_1 অবস্থানে রহিয়াছে। অতএব $EE_1=186010000$ মাইল (প্রায়)। নক্ষত্রটি অত্যন্ত দূরে থাকায় আমরা মনে করিতে পারি যে $\sigma_1 S$ রেখাটি প্রকৃতপক্ষে EE_1 রেখার উপর লম্ব। মনে করুন আরও দূরবর্তী একটি নক্ষত্র σ, σ_1-এর নিকটবর্তী এলাকায় অবস্থান করিতেছে যেন $E_1\sigma$ এবং $E\sigma$-কে সমান্তরাল মনে করা যায় এবং σ নক্ষত্রটির কৌণিক ভ্রান্তি

নগণ্য বলিয়া ধরিয়া লওয়া যায়। $E_1\sigma_1$-কে বর্ধিত করায় $E\sigma$-কে P

বিন্দুতে ছেদ করিল। তাহা হইলে

$$2p'' = \angle E\sigma_1E_1 = \angle EPE_1 + \angle pE\sigma_1$$
$$= [\sigma E_1 p + \angle \sigma E\sigma_1$$

ডান দিককার কোণ দুইটি মাপিয়া p-এর মান নির্ণয় করা যায়।

১২·১১. বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি এবং নক্ষত্রের দূরত্ব নির্ণয়

মনে করুন নক্ষত্রের বৃহত্তম বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি $= \pi$ এবং ইহার সূর্য-কেন্দ্র হইতে দূরত্ব $= d$ তাহা হইলে

$$\frac{\pi}{206265} = \frac{a}{d} \text{ অথবা, } d = \frac{206265 \times 93005000}{\pi} \text{ মাইল।}$$

প্রশ্নমালা—১০

১। গ্রহের ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তি কাহাকে বলে এবং গ্রহের অবস্থানের উপর এই ভ্রান্তির ফল কি? প্রমাণ করুন যে একটি জ্যোতিষ্কের ভূ-কেন্দ্রিক ভ্রান্তি, উহার জেনিথ দূরত্বের sine-এর অনুপাতে বৃদ্ধি পায়।

২। চন্দ্রের পরিসীমার উচ্চতম বিন্দুর জেনিথ দূরত্ব $58°28'21''$, উহার উদয়কালীন ভ্রান্তি $60'16''$, ব্যাসার্ধ $16'25''$ এবং স্থানীয় অক্ষাংশ $50°45'$ এবং প্রতিসরণ অংক $58''.2$ হইলে চন্দ্রের নতি নির্ণয় করুন।

৩। সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি 8″79 ইহার কৌণিক ব্যাস 32′ এবং পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 3960 মাইল হইলে উহার প্রকৃত ব্যাসের মান নির্ণয় করুন।

৪। চন্দ্রের উদয়কালীন ভ্রান্তি 57′, কৌণিক ব্যাস 32′ এবং উহার ব্যাসার্ধ 3960 মাইল হইলে উহার ব্যাস নির্ণয় করুন।

৫। সূর্যের আপাত জেনিথ দূরত্ব 45° এবং উদয়কালীন ভ্রান্তি 8″ 79 হইলে উহার প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব কত?

৬। শুক্র গ্রহের উদয়কালীন ভ্রান্তির পরিমাণ 9″.3 এবং ব্যাসার্ধ (কৌণিক) 8″9 হইলে গ্রহটির প্রকৃত ব্যাস এবং পৃথিবী হইতে দূরত্ব নির্ণয় করুন।

৭। চন্দ্রের সর্বাধিক এবং সর্বনিম্ন উদয়কালীন ভ্রান্তির পরিমাণ 61′26″ এবং 54′01″. হইলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রের বৃহত্তম.এবং নিকটতম দূরত্ব নির্ণয় করুন।

৮। বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি এবং ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তির মধ্যে প্রভেদ কি তাহা বর্ণনা করুন। প্রমাণ করুন যে একটি নক্ষত্রের বাৎসরিক ভ্রান্তি, সূর্য হইতে উহার কৌণিক ব্যবধানের sine-এর অনুপাতে বৃদ্ধি পায়।

৯। বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বর্ণনা করুন।

১০। যদি একটি নক্ষত্র হইতে আলো আসিতে 230 বৎসর সময়ের প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে ঐ নক্ষত্রের বাৎসরিক কৌণিক ভ্রান্তি কত তাহা নির্ণয় করুন।

১১। আকাশের কোন্ স্থানে একটি নক্ষত্রের বাৎসরিক ভ্রান্তি থাকিবে না? আকাশের কোন্ স্থানে একটি নক্ষত্রের বাৎসরিক ভ্রান্তি সর্বাধিক হইবে?

ত্রয়োদশ অধ্যায়

সূর্য

(THE SUN)

আমরা সৌরজগতের অন্তর্গত পৃথিবী গ্রহের অধিবাসী। সূর্যই একমাত্র "নক্ষত্র" (star) যাহাকে আমরা সবচেয়ে নিকটে দেখিতে পাই। সূর্যের পরই আমাদের নিকটতম নক্ষত্রের দূরত্ব এত অধিক যে সেই নক্ষত্র হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৩ বৎসর সময়ের প্রয়োজন হয়। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় ৮ মিনিট সময় প্রয়োজন হয়।

১৩১ সূর্যের প্রকৃতি

সূর্য জলন্ত গ্যাসের 'পিণ্ড' (globe)। ইহাকে একটি বলের মত কল্পনা করিলে ইহার ব্যাস প্রায় ৮৬৪,০০০ মাইল অর্থাৎ পৃথিবীর ব্যাসের প্রায় ১০৯ গুণ বেশী। অতএব আকারে ইহা ১,৩০০,০০০ টি পৃথিবীর সমান কিন্তু ইহার আপেক্ষিক ঘনত্ব (density) পৃথিবীর ঘনত্বের মাত্র এক-চতুর্থাংশ। সূর্যের উপরিভাগের তাপ ৬০০০° k এবং কেন্দ্রস্থলের তাপ যে কত লক্ষ ডিগ্রী তাহা জানা যায় নাই।

সূর্যের বিভিন্ন অংশকে তিন ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। ইহার ভিতরের অংশ বা Interior। উপরিভাগের নাম "ফটোস্ফিয়ার" (photosphere)। এই অংশের ফটোগ্রাফ গ্রহণ করিয়া সূর্য সম্বন্ধে জ্ঞান লাভ করা সম্ভব হইয়াছে। ফটোস্ফিয়ারের বাহিরের লোহিত বর্ণের অংশকে "ক্রমোস্ফিয়ার" (chromosphere) বলে। এই অঞ্চলের লোহিত বর্ণ হাইড্রোজেন বা উদযান গ্যাসের জন্য হইয়াছে। ইহা ছাড়া সূর্যগ্রহণের সময় আমরা সূর্যের চারিদিকে যে লেলিহান আভা দেখিতে পাই তাহাকে সূর্যের "করোনা" (corona) বলে।

১৩২ সূর্যের স্বীয় অক্ষের চারিপার্শ্বে আবর্তন
(Sun's rotation)

টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিতে পাওয়া গিয়াছে যে সূর্যের উপরিভাগের অস্পষ্ট দাগগুলি (sun spots) ক্রমশঃ পশ্চিম হইতে পূর্বদিকে সরিয়া যাইতে থাকে। কেন্দ্রস্থলে দৃষ্ট একটি দাগ প্রায় এক সপ্তাহ কাল সময়ে সূর্যের থালার (disc) একধারে সরিয়া যায় এবং আর এক সপ্তাহ পরে আবার কেন্দ্রস্থলে আবির্ভাব হয়। এই ঘটনা হইতে বুঝা যায় যে সূর্য স্বীয় অক্ষের চারিদিকে আবর্তন করিয়া থাকে। সূর্যের এই আহ্নিক গতি (rotation) পৃথিবীর আহ্নিক গতিরই অনুরূপ। সূর্যের বিষুবতল, পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত প্রায় ৭° কোণে অবস্থিত বলিয়া সূর্যের উপরিভাগের অস্পষ্ট দাগগুলিকে অপেক্ষাকৃত বক্ররেখায় ভ্রমণ করিতে দেখা যায়। এই বক্রগতি মার্চ এবং সেপ্টেম্বর মাসে সর্বাধিক পরিমাণে দেখা যায়। আবার ডিসেম্বর এবং জুন মাসে এই গতির বক্রতা সবচেয়ে কম হইয়া থাকে।

সূর্যের উপরিভাগের বিভিন্ন অক্ষাংশের আবর্তন কাল (period) স্পেকট্রোস্কপির সাহায্যে স্থির করা হইয়াছে। বিষুবতলের উপর এই আবর্তন কাল প্রায় ২৫ দিন। এই আবর্তন কাল ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইয়া ৩৫° অক্ষাংশে প্রায় ২৭ দিন হইয়া থাকে।

১৩৩ সূর্য হইতে তাপ বিকিরণ (Radiation)

একটি উত্তপ্ত বস্তু হইতে তাপ স্থানান্তরিত তিন প্রকারে সম্ভব হইতে পারে :

(ক) একটি বস্তুর এক প্রান্ত উত্তপ্ত হইলে সেই তাপ বস্তুর অভ্যন্তরের মধ্য দিয়া স্রোতের আকারে প্রবাহিত হইতে পারে। এইভাবে যে তাপ স্থানান্তরিত হয় তাহাকে পরিবহণ বা "Conduction" বলা হয়। মনে করুন একটি লম্বা লৌহ-দণ্ড লইয়া ইহার এক প্রান্তকে উত্তপ্ত করা হইল, ফলে অন্য প্রান্তে তাপ স্রোতের আকারে প্রবাহিত হইবে।

(খ) অনেক সময় তাপ স্রোতের আকারে প্রবাহিত না হইয়া বস্তুর উত্তপ্ত অংশ বিশেষ তাপ বহণ করিয়া স্থান পরিবর্তন করে। মনে করুন একটি পাত্রে কোন তরল পদার্থ লইয়া জ্বাল দিতে আরম্ভ করিলাম, প্রথমে তরল পদার্থের উপরিভাগ শীতল এবং তলদেশের পদার্থ উত্তপ্ত হইবে। পরে যতই উত্তাপ বাড়িতে থাকিবে ততই উত্তপ্ত তরল পদার্থ উপরের দিকে আসিতে থাকিবে এবং শীতলাংশ নীচের দিকে যাইবে। এইভাবে যে তাপ স্থানান্তরিত হয় তাহাকে প্রতিবহণ বা convection বলে।

(গ) উপরিল্লিখিত দুইটি প্রক্রিয়া ছাড়াও এক প্রকারে তাপ স্থানান্তরিত হয়। ইহাকে রেডিয়েশন (Radiation) বা বিকিরণ বলা হয়। সূর্য হইতে তাপ বিকীণ হইয়া পৃথিবীতে আসে।

বৈজ্ঞানিকেরা নানা প্রকার গবেষণার পর বিকীর্ণ তাপ এবং তাপ মাত্রা (temperature) এর মধ্যে সম্বন্ধ কি তাহা আবিষ্কার করিয়াছেন। Stephan-Boltzman-এর নিয়মানুসারে, প্রতি সেকেণ্ডে একটি আদর্শ রেডিয়েটার হইতে যে তাপ বিকীর্ণ হইবে তাহার পরিমাণ যদি প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে E আর্গ হয় তাহা হইলে $E=aT^4$ ($T\equiv$ তাপ মাত্রার পরিমাণ, $a=$একটি বিশেষ নির্দিষ্ট সংখ্যা)। সূর্য হইতে যে রেডিয়েশন সংঘটিত হয় তাহার পরিমাণ হইতে স্থির করা হইয়াছে যে সূর্যের বহির্ভাগের তাপমাত্রা প্রায় ৬০০০°। সূর্যের অভ্যন্তরভাগের তাপমাত্রার পরিমাণ সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব হয় নাই। অনেকে অনুমান করেন যে এই তাপমাত্রার পরিমাণ প্রায় ১,০০০,০০০°। এই অত্যধিক তাপমাত্রার ফলে সূর্যের অভ্যন্তরস্থ যাবতীয় বস্তু গ্যাসীয় আকারে বিরাজ করিতেছে।

১৩৪. সূর্যের বহির্ভাগের বিশেষত্বগুলি

পরিষ্কার আকাশে সূর্যের দিকে খালি চোখে অনেকক্ষণ যাবৎ দৃষ্টি নিবদ্ধ রাখা উচিত নহে। ইহাতে চোখের ক্ষতি হইতে পারে। টেলিস্কোপে বিশেষ সাবধানতার সহিত সূর্যকে দেখিতে হয়। সূর্যের

দিকে টেলিস্কোপ ব্যবহার করিবার জন্য বিশেষ রকম কাচের লেন্সের (lens) ব্যবহার করা হয়। বর্তমান কালে পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানের অবজারভেটরীতে দৈনন্দিন সূর্যের ফটোগ্রাফ লওয়া হইতেছে। এমন কি বেলুন বা রকেটের সাহায্যে অতি উচ্চস্থান হইতে সূর্যের পরিষ্কার ফটোগ্রাফ হইতে সূর্য সম্বন্ধে নানা তথ্য জানা যায়।

আমরা সূর্যের যে উপরিভাগ দেখিতে পাই তাহাকে "ফটোস্ফিয়ার" (photosphere) বলে। এই দৃশ্যমান উপরিভাগের গভীরতা প্রায় ২৫০ মাইল। এই দূরত্বের পরের স্তর আমরা দেখিতে পাই না। ইহার কারণ বোধ হয় এই যে অভ্যন্তরের স্তরে ঋণাত্মক হাইড্রোজেন আয়নের আধিক্য ঘটিয়া থাকে।

টেলিস্কোপের সাহায্যে সূর্যের উপরিভাগে কৃষ্ণকায় দাগ বা ছোপ (spot) দেখা যায়। এই দাগগুলি ছোট বড় নানা আকারের হইয়া থাকে। কোন কোন বৎসর সূর্যের উপরিভাগে কোনই দাগ দেখা যায় না। আবার কোন কোন বৎসর অনেকগুলি টেলিস্কোপে দেখা যায়। প্রায় ১১.১ বৎসরে এই কৃষ্ণকায় দাগগুলি একই স্থানে ফিরিয়া আসে। ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে সূর্য আপন মেরুদণ্ডের চারি দিকে ঘুরিতেছে।

১৩.৫ সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি এবং জ্যোতির্বিদ্যায় দূরত্বের একক

আমরা পূর্ববর্তী অধ্যায়ে কৌণিক ভ্রান্তির সাহায্যে কেমন করিয়া জ্যোতিষ্কের দূরত্ব নির্ণয় করা যায় তাহা আলোচনা করিয়াছি। এই ভাবে পৃথিবী হইতে সূর্যের যে দূরত্ব নির্ণয় করা হইয়াছে সেই দূরত্বকে একক ধরিয়া অন্যান্য নক্ষত্রের দূরত্বকে এই এককে প্রকাশ করা হয়। সাধারণতঃ তিন উপায়ে সূর্যের কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করা হয় যথা—

(১) জ্যামিতীয় পদ্ধতি (পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আলোচিত হইয়াছে);

(২) মাধ্যাকর্ষণ পদ্ধতি: এই পদ্ধতিতে পৃথিবী এবং সূর্যের বস্তুর পরিমাণের অনুপাত নির্ণয় করিয়া তাহার সাহায্যে কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করা হয়;

(৩) আলোর গতি নির্ণয় করিয়া aberration-এর সাহায্যে অনেক সময় কৌণিক ভ্রান্তি নির্ণয় করা হয়।

১৩৬. সূর্যে বস্তুর পরিমাণ

সূর্যে বস্তুর পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইলে অন্য জ্যোতিষ্কের উপর ইহার আকর্ষণের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হয়। মনে করিলাম যে পৃথিবী T সময়ে সূর্যকে আবর্তন করে এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্বের গড়$=a$। যদি f দ্বারা সূর্যের গতিবেগের বৃদ্ধির (acceleration) গড় বুঝাই, তাহা হইলে

$$=\frac{4\pi^2a^2}{T^2}$$

এখন যদি $a=1.4968\times10^{12}$ সে. মি

$T=3.1558\times10^7$ সেকেণ্ড

তাহা হইলে $f=0.59331$ সে মি./ (সেকেণ্ড)^2

আবার মাধ্যাকর্ষণের আইন হইতে আমরা পাই

S=সূর্যে বস্তুর পরিমাণ, E=পৃথিবীতে বস্তুর পরিমাণ।

$$f=G.\frac{S}{a^2} \qquad g=G.\frac{E}{p^2}, \qquad p=\text{পৃথিবীর ব্যাসার্ধ,}$$

$$\therefore \frac{S}{E}=\frac{f}{g}\times\frac{a^2}{p^2}=\frac{4\pi^2a^2}{gT^2p^2}$$

$S=333,420$ E প্রায়।

অথবা $S=1.98\times10^{33}$ গ্রাম।

সূর্যের উপরিভাগে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ: সূর্যের উপরিভাগে মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ পাইতে হইলে ইহার বস্তুর পরিমাণ এবং ব্যাসার্ধের বর্গের অনুপাত লইতে হইবে। অর্থাৎ

$$\text{মাধ্যাকর্ষণের পরিমাণ}=\frac{333,420}{(109\ 3)^2}=27\ 91\times\text{পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ।}$$

অর্থাৎ, যে পদার্থের ভূ-পৃষ্ঠে ওজন পাউণ্ডের সমান, সূর্য-পৃষ্ঠে তাহার ওজন 27·91 পাউণ্ডের সমান হইবে।

১৩৭. সূর্যে শক্তির উৎস (Source of solar energy)

সূর্য প্রতি সেকেণ্ডে $6\cdot3\times10^{10}$ আর্গ শক্তি বিকিরণ করিতেছে, এই প্রচণ্ড শক্তি কোন স্বাভাবিক রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় সৃষ্টি হইতে পারে না।

অনেকে অনুমান করেন যে সূর্যে অবস্থিত বস্তুর অভ্যন্তরে thermo-nuclear পরিবর্তন ঘটে এবং ইহার ফলে এই শক্তি সৃষ্টি হওয়া সম্ভব হইতেছে।

অনুমান করা হইতেছে যে সূর্যে যথেষ্ট পরিমাণে হাইড্রোজেন বা উদযান গ্যাসের অস্তিত্ব আছে এবং সেই সঙ্গে কার্বন এবং নাইট্রোজেন গ্যাসও বিদ্যমান আছে। ইহার ফলে বহুকাল যাবৎ প্রয়োজনীয় thermo-nuclear পরিবর্তন সৃষ্টি হওয়া সম্ভব। সূর্যের অভ্যন্তরে অত্যধিক তাপমাত্রার ফলে হাইড্রোজেনের nucleus সর্বদা হিলিয়াম পরমাণুর nucleus-এ পরিবর্তিত হইতেছে।

চতুর্দশ অধ্যায়

অবজারভেটরী

(OBSERVATORY)

১৪ ১· অবজারভেটরী

আকাশে জ্যোতিষ্কদেব গতিবিধি লক্ষ্য কবিবাব জন্য যে বৈজ্ঞানিক গৃহ নির্ণয় করা হয় তাহাকে Observatory বলে। জ্যোতির্বিদ্যা সম্বন্ধে গবেষণা কবাব জন্য আমাদেব দেশে আজও পর্যন্ত কোন ব্যবস্থা কবা হয় নাই। আশা কবি ভবিষ্যতে ইহাব ব্যবস্থা হইবে। জ্যোতির্বিদ্যাব গবেষণা গৃহেব জন্য অপেক্ষাকৃত উচ্চ স্থান (প্রায কযেক হাজার ফুট) গ্রহণ কবা উচিত যেন ঐ স্থান হইতে বৃহত্তম দিগন্তবেখা দেখা যায। গবেষণাগাব বা অবজাবভেটবীতে চন্দ্র, সূর্য গ্রহ, নক্ষত্রেব অবস্থান নিখুঁতভাবে দেখা এবং যাবতীয গণনাকার্য সম্পন্ন কবা হইযা থাকে।

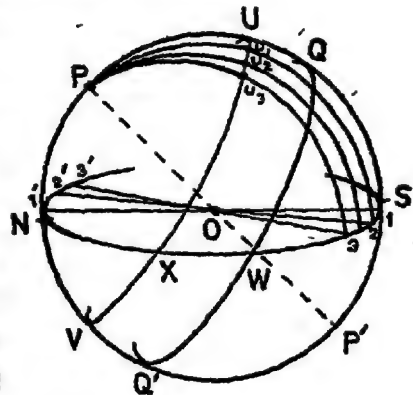
১৪·২· সাইডেরিয়াল ঘড়ি (অথবা Astronomical clock)

এই ঘড়িব সাহায্যে পৃথিবীব আহ্নিক গতিব সময গণনা কবা হয। ইহা দ্বাবা আমবা নক্ষত্রেব সাইডেবিযাল সময নির্ণয কবি। এই সময আমাদের ব্যবহাবিক সময (mean solar time) হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথক। যখন ভাবনাল ইকুইনক্স (γ) মেবিডিযান অতিক্রম কবে তখন এই ঘড়িতে ০ ঘ. ০ মি ০ সে দেখানো হয।

১৪ ৩. সূর্য-ডায়াল (Sun dial)

ভূ-পৃষ্ঠে যে-কোন স্থানের মাটিতে একটি গোলাকাব থালাব মত ডাযাল তৈযাব কবিযা তাহাতে সমান ভাগে 1 হইতে 24টি দাগ কাটা হইল। তাব-পব উহাব কেন্দ্রে একটি কাঠি (gnomon বা style) ঐ স্থানের ধ্রুবতাবাব দিক কবিযা আটকাইলে আমবা সূর্য ডাযাল পাই। কাঠিটি মাটিব সাথে যে কোণ উৎপন্ন কবে তাহা ঐ স্থানেব

স্থানীয় অক্ষাংশের-সমান। যে দিকে ঐ কাঠিব ছায়া পড়িবে সেই দিকেব সাহায্যে আমবা সূর্যেব কৌণিক কাল (hour angle) নির্ণয় কবিতে পাবি। ইহাই সঠিক সময (apparent solar time)। কাঠি, ছায়া এবং সূর্য যে সমতলে অবস্থিত সেই সমতল ধ্রুবনক্ষত্রেব অবস্থানেব ভিতব দিয়া যাইবে এবং ইহা মহাবিষুবেব সহিত সমকোণ উৎপন্ন কবিবে। অতএব মহাগোলকেব উপব (celestial sphere) সমতল কর্তৃক উৎপন্ন মহাবৃত্ত "কৌণিক কালবৃত্ত" (hour circle) অথবা "নতি জ্ঞাপক বৃত্ত" (declination circle) হইবে এবং মেবিডিয়ানেব সহিত যে কোণ উৎপন্ন কবিবে তাহাই "কৌণিক কাল" (hour angle)। মনে করুন O সূর্য ডায়ালেব কেন্দ্রবিন্দু এবং OP কাঠি (style বা gnomon)-এব দিক্ নির্দেশ কবিতেছে।

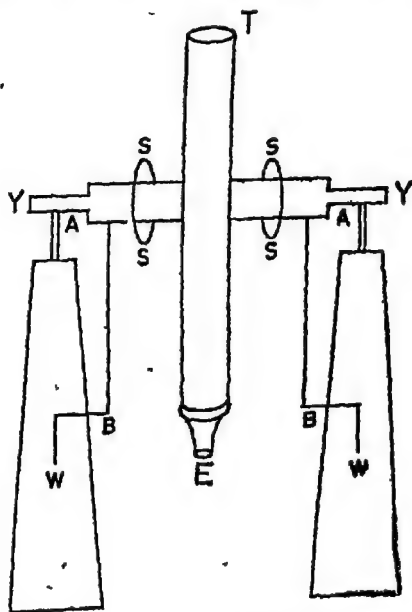
মনে করুন মহাগোলকেব উপব N P S P′ স্থানীয় মেবিডিয়ান এবং N U S মহাদিগন্ত বেখা। সূর্য ডায়ালেব থালা N W S সমতলে অবস্থিত। 12টি সমদূরবর্তী মহাবৃত্ত অঙ্কন কবা হইল যেন তাহাবা P বিন্দু দিয়া যায়। মহাবৃত্তগুলি সূর্য ডায়ালেব পবিসীমাকে যে যে বিন্দুতে ছেদ কবে সে সমস্ত বিন্দুগুলি যথাক্রমে 1, 2, 3, . . ,12, 1′ 2′ 3,′ . . , 12′ দ্বাবা নির্দিষ্ট কবা হইল। O বিন্দুব সহিত পবিসীমাস্থ এই সমস্ত বিন্দু যোগ কবা হইল। এইরূপে সূর্য ডায়ালের উপব আমরা 1 হইতে 24 ঘণ্টা স্থিব কবিলাম। এখন মনে করুন যে U X V সূর্যেব দৈনিক পথ। মেবিডিয়ান অতিক্রম কবাব পব সূর্য যথাক্রমে U_1, U_2, U_3 .. প্রভৃতি অবস্থানে আসে এবং OP-এব ছায়া সূর্য ডায়ালের

উপর 101,′ 202,′ ......12012′ প্রভৃতি রেখার ছায়া সৃষ্টি করিবে। দ্বিপ্রহরে সূর্য U বিন্দুতে মেরিডিয়ান অতিক্রম করে এবং ঐ সময় কাঠির ছায়া ঠিক উত্তর দিকে ON-এর সহিত মিলিয়া যায়। মনে করুন $\angle NO1' = \theta$ 1 যদি $NP1' = h$ হয় তাহা হইলে

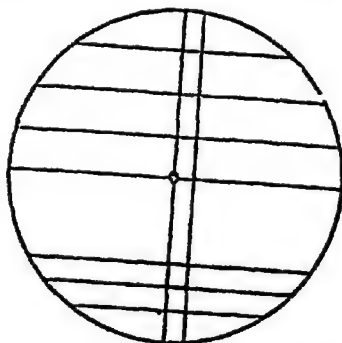
$\tan\theta = \sin\varphi \tan h$. মনে করুন OA=কাঠির দৈর্ঘ্য; OBX একটি সরলরেখা (OA-এর মধ্য দিয়া মেরিডিয়ান তলের সহিত দিগন্ত-রেখার ছেদ রেখার)। OX হইতে $OB = OA \sec\varphi$ কাটিয়া লওয়া হইল। $BC = OA \tan\varphi$ কাটিয়া লওয়া হইল। এখন B-এর মধ্য দিয়া OBC এর উপর DBE লম্ব অঙ্কন করা হইল। C-এর মধ্য দিয়া C1, C2 C3 প্রভৃতি যথাক্রমে 15°, 30°, 45°.... কোণ করিয়া অঙ্কন করা হইল। এখন O1, O2, O3,. প্রভৃতি যোগ করা হইল। এই সরলরেখাগুলি O-কে কেন্দ্র করিয়া OB অপেক্ষা কম ব্যাসার্ধ লইয়া অঙ্কিত যে-কোন বৃত্তকে যথাক্রমে I, II, III প্রভৃতি বিন্দুতে ছেদ করিবে। এই সমস্ত বিন্দুগুলিই যথাক্রমে 1 ঘণ্টা, 2 ঘণ্টা, 3 ঘণ্টা প্রভৃতি নির্দেশ করিবে। কেননা

$$\tan BO1 = \frac{B1}{OB} = \frac{B1}{BC} \cdot \frac{BC}{OB} = \tan 15^\circ \sin\varphi$$

সাথে সাথে অনুসরণ কবিতে হইলে টেলিস্কোপকে সংলগ্ন চাকাব উপব আস্তে আস্তে আবর্তন কবাইতে হইবে (চিত্র দেখুন)।

১৪৫ "মেরিডিয়ান অতিক্রম" লক্ষ্য করিবার টেলিস্কোপ (Transit instrument)

ইহাও একটি টেলিস্কোপ (TE)। ইহাকে একটি ভূ-পৃষ্ঠেব সমান্তবাল একটি ভারী দণ্ডের সহিত লম্বভাবে আটকানো হয। ভাবী দণ্ডটিকে (YAAY) YY দুইটি বিযাবিংযেব সহিত সংলগ্ন কবিযা দেওযা হয। বিযাবিং দুইটিকে শক্তভাবে পূর্ব-পশ্চিম ববাবব দুইটি ভাবী স্তম্ভেব

উপর বসানো হয। ফলে টেলিস্কোপসহ AA দণ্ডটিকে YY বিযারিংযেব উপব সহজভাবে আবর্তন করানো যায। AA দণ্ডেব সহিত দুইটি দাগ কাটা বৃত্তাকাব চাকৃতি (disc) লাগানো হয। ইহা দ্বারা টেলিস্কোপেব আবর্তনের পরিমাণ নির্ণয করা যায। টেলিস্কোপের নলের ভিতব

এবং দৃষ্টি পথে (field of view) একটি গোলাকার তারের গ্রেটিং (reticle) লাগানো হয়। ইহাতে 5 বা, 7 বা 11 টা লাইন উত্তর দক্ষিণ বরাবর টানা হয় এবং আড়াআড়িভাবে দুইটি তারের গ্রেটিং দেওয়া হয়। একটি তার দ্বারা দৃষ্টিপথকে দুইটি সমান অংশে ভাগ করা হয় এবং অপরটিকে একটি স্ক্রুর সাহায্যে সরিয়া লওয়া যায়। ভারী

দণ্ডের সহিত লাগানো বৃত্তাকার চাকতিতে ডিগ্রী মিনিটের দাগ কাটা থাকে। TE টেলিস্কোপকে আমরা মেরিডিয়ানের সমতলে ঘুরাইয়া কোন জ্যোতিষ্ককে টেলিস্কোপের মধ্য দিয়া আমাদের দৃষ্টিপথে আনিতে পারি। যখন জ্যোতিষ্ক প্রত্যেকটি খাড়া (vertical) তার অতিক্রম করে তখন সাইডেরিয়াল সময় গণনা করি। এইরূপে জ্যোতিষ্কের মেরিডিয়ান অতিক্রমের সাইডেরিয়াল সময়ের গড় মান নির্ণয় করা যায়।

১৪.৬ জ্যোতিষ্কের নতি (declination) নির্ণয়

আমরা জানি যে কোন জ্যোতিষ্কের মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় জেনিথ দূরত্ব $Z = \delta - \phi$ অথবা $\phi - \delta$.

অর্থাৎ $\delta = \phi + Z$ or $\phi - Z$ (উত্তর কিংবা দক্ষিণ আকাশে) অতএব আমরা যদি Z নির্ণয় করিতে পারি তাহা হইলে স্থানীয় অক্ষাংশের সাহায্যে δ পাইতে পারি। Transit টেলিস্কোপের সাহায্যে আমরা সহজেই Z পাইতে পারি।

১৪.৭. সাইডেরিয়াল সময় t অথবা নক্ষত্রের "রাইট অ্যাসেনশন" (R A) নির্ণয়

কোন নক্ষত্রের R A. নিম্নবর্ণিত পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়। যখন নক্ষত্রটি মেরিডিয়ান অতিক্রম করিতেছে তখন ইহার কৌণিক কাল (hour angle) o ঘ o মি. o সে. এবং ইহার R A = সাইডেরিয়াল সময় t. অবজারভেটরীতে রক্ষিত ঘড়ির সময় হইতে সাইডেরিয়াল সময় পাওয়া যাইবে। আবার যদি আমরা Nautical Almanac হইতে পূর্বেই নক্ষত্রটির R A. জানিয়া থাকি তাহা হইলে ঘড়ির সময় আমরা ঐ মুহূর্তে ঠিক করিয়া লইতে পারি।

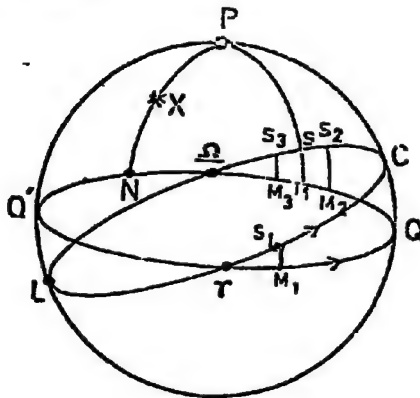
১৪.৮. মহাবিষুব (Vernal Equinox γ)-এর অবস্থান নির্ণয়

কোন নক্ষত্রের R.A এবং মহা দ্রাঘিমা জানিতে হইলে 'γ'-এর অবস্থান জানা দরকার হয়। অতএব 'γ'-এর অবস্থান নির্ণয় জ্যোতির্বিদ্যায় একটি প্রয়োজনীয় সমস্যা বলিয়া গণ্য করা হয়। নিম্নে বর্ণিত দুই প্রকারে আমরা ইহার অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি:

(১) γ আকাশে সেই বিন্দু যেখানে সূর্য দক্ষিণ হইতে উত্তর দিকে চলিবার পথে মহাবিষুবকে অতিক্রম করে। 'Summer solstice" (জুন 21 তারিখ) আসিবার কয়েকদিন পূর্বে এবং কয়েকদিন পর পর্যন্ত আমরা সূর্যের "নতি" (declination) মাপিয়া 'এক্লিপটিক" (Ecliptic) বা ক্রান্তিপথের "কৌণিক ব্যবধান" (obliquity with Equator) নিখুঁতভাবে নির্ণয় করিতে পারি। ইহা হইতে যে-কোন দিনে সূর্যের "নতি" এবং নতি হইতে R.A নির্ণয় করিতে পারি। সূর্যের R A হইতে γ এর অবস্থান নির্ণয় করা যায়।

(২) Flamsteed-এর পদ্ধতি: মনে করুন মহাবিষুব (ভারনাল ইকুইনকস) অতিক্রম করিবার অল্পকাল পর এবং জলবিষুব (অটামনাল ইকুইনকস)-এ আসিবার অল্পকাল পূর্বে সূর্যের অবস্থান যথাক্রমে S_1 এবং S. S_1 S এমনভাবে লওয়া হইল যেন উভয়স্থানে সূর্যের "নতি" $S_1M_1=SM$.

মনে করুন X নক্ষত্রটির R.A. নির্ণয় করিতে হইবে। এখন γS_1M_1 এবং ΩMS ত্রিভুজ দুইটি সর্বসম এবং

$$\gamma M_1 = \Omega M.$$

মার্চ মাসের 21 তারিখের পর যখন সূর্য S_1 স্থানে আসে তখন মেরিডিয়ান অতিক্রম কালের জেনিথ দূরত্ব Z_1 নির্ণয় করা যায়। মনে করুন সূর্য এবং X-এর মেরিডিয়ান অতিক্রমের সাইডেরিয়াল সময়ের প্রভেদকে α_1 দ্বারা নির্দেশ করা হইল। তাহা হইলে

α_1 = X এবং সূর্যের R A -এর প্রভেদ
$= M_1N$.

মনে করুন স্থানীয় অক্ষাংশ $=\varphi$ এবং ঐ দিন দ্বিপ্রহরে সূর্যের নতি $=\delta_1$. তাহা হইলে

$Z_1 = \varphi - \delta_1$ (সূর্য জেনিথের দক্ষিণে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিলে)

আবার মনে করুন যে 23 সেপ্টেম্বরের অল্পকাল পূর্বে কোন এক দিনে সূর্যের নতি $=\delta_1$ এখন S অবস্থানে দ্বিপ্রহরে সূর্যের নতি δ_1 নাও হইতে পারে। এইজন্য আমরা পর পর দুইদিন সূর্যকে S_2 এবং S_3 অবস্থানে লই যেন এই দুই স্থানে দ্বিপ্রহরে সূর্যের নতি যথাক্রমে δ_2 এবং δ_3 হয়। মনে করুন $\delta_2 > \delta_1 > \delta_3$। মনে করুন $\alpha_2 = M_2N$, $\alpha_3 = M_3N$.

এখন, $\frac{M_2M}{M_2M_3}=\frac{S_2M_2-SM}{S_2M_2-S_3M_3}=\frac{\delta_2-\delta_1}{\delta_2-\delta_3}$

অথবা, $M_2M=\frac{\delta_2-\delta_1}{\delta_2-\delta_3}M_2M_3=\frac{\delta_2-\delta_1}{\delta_2-\delta_3}(\alpha_2-\alpha_3)$

কিন্তু, $\delta_2=\varphi-Z_2,\ \delta_3=\varphi-Z_3$

(Z_2, Z_3 যথাক্রমে S_2 এবং S_3 অবস্থানে জেনিথ দূরত্ব)

$MN=M_2N-M_2M$

$$=\alpha_2-\frac{\delta_2-\delta_1}{\delta_2-\delta_3}(\alpha_2-\alpha_3)$$

এখন $\gamma M_1=\Omega M$

অথবা $\gamma N-M_1N=MN-\Omega N$

$MN+M_1N=\gamma N+\Omega N=2\gamma N-12$ ঘ

অথবা $\gamma N=6$ ঘ $+\frac{1}{2}(MN+M_1N)$

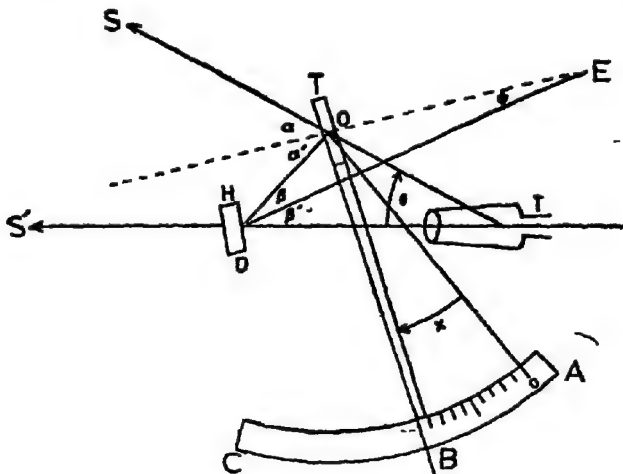
অথবা $\alpha=6$ ঘ. $+\frac{1}{2}\left[\alpha_1+\alpha_2-\frac{\delta_2-\delta_1}{\delta_2-\delta_3}(\alpha_2-\alpha_3)\right]$ ঘ.

এখন α পাওয়া গেলে γ-এর অবস্থান নির্ণয় করা যায়। আমরা উপরোক্ত সমীকরণে δ_1 δ_2, δ_3-এর পরিবর্তে যথাক্রমে $\varphi-Z_1$, $\varphi-Z_2$, $\varphi-Z_3$ স্থাপন করিয়া লিখিতে পারি

$$\alpha=6\text{ ঘ }+\frac{1}{2}\left[\alpha_1+\alpha_2-\frac{Z_1-Z_2}{Z_3-Z_2}(\alpha_2-\alpha_3)\right]\text{ ঘ}$$

১৪.৯. সেকস্‌ট্যাণ্ট (Sextant)

এই যন্ত্রটি সঙ্গে বহণ করা যায় এবং ইহার সাহায্যে নক্ষত্রের পরস্পরের মধ্যে কৌণিক ব্যবধান সহজেই নির্ণয় করা যায়। ইহা একটি ধাতব পদার্থের তৈয়ারী ফ্রেম। ইহার সহিত একটি দাগ কাটা বৃত্তাংশ জুড়িয়া দেওয়া হইয়াছে। বৃত্তাংশটি ABC দ্বারা নির্দেশ করা হইয়াছে। O বিন্দুতে লৌহ কাঁটা OB যুক্ত করা হইয়াছে। ইহা ABC বৃত্তাংশের উপর দিয়া ইতস্ততঃ সরিয়া যাইতে পারে। O বিন্দুতে OB এর সহিত একটি আয়না I লাগানো আছে। আয়নাটিকে ABC এর সহিত লম্বভাবে রাখা হয়। আর একটি আয়না H যন্ত্রটির সহিত

যুক্ত করা হয়। ইহাও ABC-এর সহিত লম্বভাবে থাকে। ইহা সাধারণতঃ 60° কৌণিক ব্যবধানে এবং একটি টেলিস্কোপের সহিত

সমরেখায় অবস্থান করে। যখন OB কাঁটাটি 0°-তে থাকে তখন I এবং H সমান্তরাল থাকে। H কাচটির উপরের অর্ধেক পরিষ্কার এবং নীচের অর্ধেকে আয়না।

একটি নক্ষত্রের উচ্চতা মাপিতে হইলে নিম্নে বর্ণিত পদ্ধতি অবলম্বন করিতে হয়।

মনে করুন S একটি নক্ষত্রের অবস্থান। যন্ত্রটিকে খাড়াভাবে ধরুন এবং S-এর মধ্যদিয়া যে খাড়া সমতল কল্পনা করা যায় সেই সমতলে যন্ত্রটিকে আনয়ন করুন। এখন টেলিস্কোপটিকে ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল রাখিয়া আস্তে OB কাঁটাটি ঘুরাইতে থাকুন। অবশেষে এমন অবস্থা আসিবে যখন নক্ষত্রের প্রতিবিম্ব টেলিস্কোপে দেখা যাইবে। এখন IOB-কে শক্ত করিয়া ঐ অবস্থায় আটকাইয়া দিন। এখন S-এর "উন্নতি" (altitude) $= \angle STS'$ সহজেই পাওয়া যায়।

মনে করুন OE এবং DE যথাক্রমে I এবং H এর উপর লম্ব।

$$\text{অতএব } \alpha = \alpha' \quad \text{এবং } \beta = \beta'.$$

OED এবং ODT ত্রিভুজ হইতে

$$\alpha' = \beta + \varphi \text{ এবং } 2\alpha' = 2\beta + \theta$$

$$\therefore 2\beta + \theta = 2\beta + 2\varphi \quad \therefore \theta = 2\varphi.$$

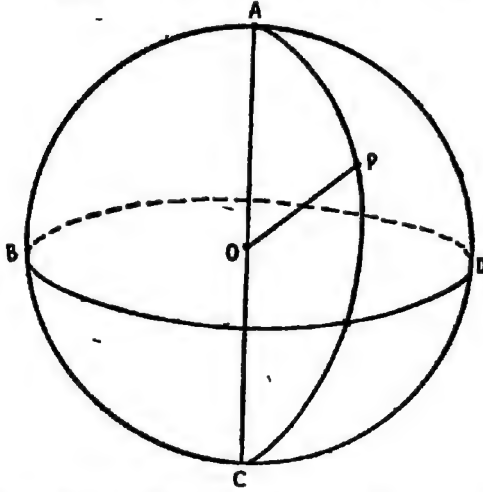
অতএব নক্ষত্রটির I এবং H-এর লম্বরেখাদ্বয়ের কৌণিক ব্যবধানের দ্বিগুণ। এছাড়া $\varphi = x$.

$$\therefore \theta = 2x.$$

পঞ্চদশ অধ্যায

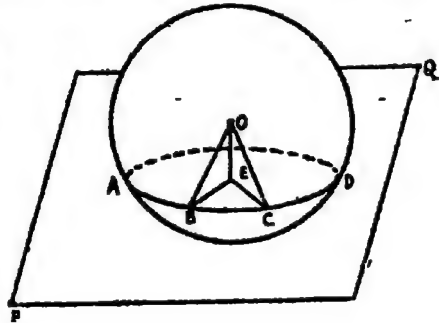
১৫.০. গোলকের জ্যামিতি
(Geometry of a Sphere)

১৫ ০.১ নির্দিষ্ট একটি বিন্দুকে কেন্দ্র কবিযা যে-কোন নির্দিষ্ট ব্যাসার্ধ লইযা এমন একটি বক্রতল অঙ্কন কবা হইল যেন বক্রতলেব উপবিস্থ প্রত্যেক বিন্দু হইতে কেন্দ্রেব দূবত্ব ব্যাসার্ধেব সমান। এই বক্রতলকে (surface) গোলক (sphere) বলে।

এখানে ABCD একটি গোলক, OP উহাব ব্যাসার্ধ AOC উহাব ব্যাস।

১৫ ০ ২ একটি সমতল একটি গোলককে একটি বৃত্তে ছেদ করিবে

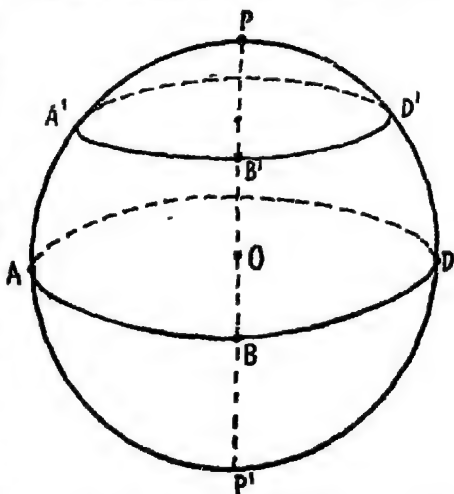
মনে করুন PQ একটি সমতল গোলককে ABCD বক্রবেখায (Curve) ছেদ কবিযাছে। আমাদিগকে প্রমাণ কবিতে হইবে যে, ABCD একটি বৃত্ত। মনে করুন OE, PQ সমতলের উপব লম্ব।

OB, OC, EB, EC যোগ করুন।

$\triangle$OEB এবং $\triangle$OEC হইতে আমবা পাই

সমকোণ $\angle OEB = \angle OEC'$
OE সাধারণ বাহু।
$OB = OC$ (গোলকের ব্যাসার্ধ)
$\triangle OEB \equiv \triangle OEC$
$EB = EC$

B, C যে কোন দুইটি বিন্দু বলিয়া ABCD একটি বৃত্ত হইবে।

১৫০৩ মহাবৃত্ত, ছোট বৃত্ত, অক্ষরেখা এবং পোল (great circle, small circle, axis and poles,)

গোলকের কেন্দ্র দিয়া অঙ্কিত যে কোন সমতল গোলকের উপর যে বৃত্তে ছেদ করিবে তাহাকে মহাবৃত্ত (great circle বলে। চিত্রে ABD একটি মহাবৃত্ত। মহাবৃত্তের কেন্দ্র ও গোলকের কেন্দ্র একই বিন্দু। অন্যান্য যে কোন সমতল গোলককে যে বৃত্তে ছেদ করে তাহাকে ছোট বৃত্ত (small circle) বলে। $A^1 B^1 D^1$ একটি ছোট বৃত্ত।

গোলকের উপর যে কোন বৃত্তের কেন্দ্র দিয়া তলের সহিত লম্ব করিয়া যে রেখা টানা যায় তাহাকে অক্ষরেখা (axis) বলে (OP)। P^1P বিন্দুকে ABD মহাবৃত্তের পোল (pole) বলে।

নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তগুলি আমরা সহজেই করিতে পারি:

(ক) একটি বৃত্তের অক্ষরেখা কেন্দ্র দিয়া যাইবে।

(খ) একই গোলকের উপর অঙ্কিত সকল মহাবৃত্তের ব্যাস সর্বদাই সমান।

(গ) যে কোন দুইটি মহাবৃত্ত পরস্পরকে দ্বিখণ্ডিত করিবে।

(ঘ) প্রত্যেক মহাবৃত্ত গোলককে দ্বিখণ্ডিত করিবে।

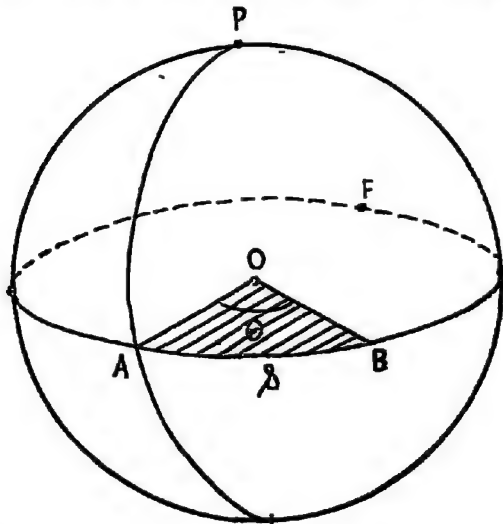
(ঙ) গোলকের উপরিস্থ যে কোন তিনটি বিন্দুর মধ্য দিয়া একটি মাত্র বৃত্ত অঙ্কন করা যায়।

(চ) যদি একই ব্যাসের উপর অবস্থিত নয় এমন দুইটি বিন্দু গোলকের উপর লওয়া হয় তাহা হইলে এই দুইটির বিন্দুর মধ্য দিয়া কেবলমাত্র একটি মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায়।

(ছ) একটি ব্যাসের প্রান্তবিন্দুদ্বয়ের মধ্য দিয়া অসংখ্য মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায়।

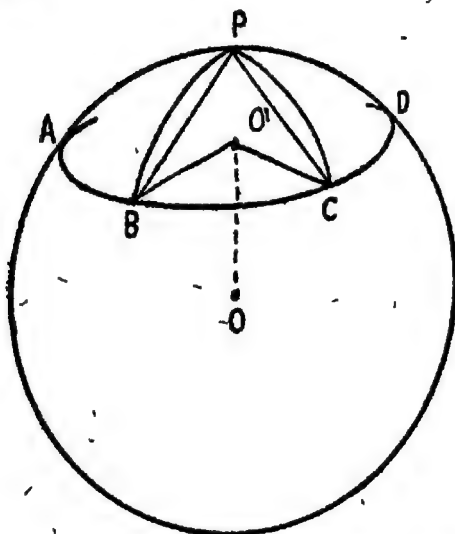
(জ) গোলক সর্বতোভাবে প্রতিসাম্য। কারণ ইহা কেন্দ্র, ব্যাস এবং কেন্দ্র দিয়া অঙ্কিত যে কোন সমতল বরাবর প্রতিসাম্য।

১৫·৪. গোলকের উপরিস্থ যে-কোন দুইটি বিন্দুকে যতগুলি বক্ররেখা দ্বারা যোগ করা যায় তন্মধ্যে বিন্দুদ্বয়গামী মহাবৃত্তের ক্ষুদ্রাংশের দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা কম।

মনে করুন গোলকের উপর A, B যে কোন দুইটি বিন্দু এবং O

গোলকটির কেন্দ্র। মহাবৃত্তাংশ AB, AFB অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর।

যদি $s = AB$ তাহা হইলে $s = r\theta$

১৫.০.৫. গোলকের উপর একটি বৃত্ত লওয়া হইলে এই বৃত্তের যে কোন পোল হইতে বৃত্তের পরিসীমার উপর যে-কোন বিন্দুর কৌণিক দূরত্বকে গোলাকার ব্যাসার্ধ (spherical) বলে।

P
A
D
O'
B
C
O

মনে করুন ABCD একটি ছোট বৃত্ত এবং O′ উহার কেন্দ্র। PB, PC, যথাক্রমে B এবং C বিন্দু হইতে P-এর গোলাকার দূরত্ব (spherical distance)। O′B, O′C যোগ করুন।

PO′B, PO′C ত্রিভুজ দুইটিতে

PO সাধারণ বাহু

$O'B = O'C$

$\angle PO'B = \angle PO'C = \frac{\pi}{2}$

$\therefore PB = PC$

অতএব $\widehat{PB} = \widehat{PC}$ = গোলাকার দূরত্ব।

১৫.০.৬. আরোহী বৃত্ত (Secondary)

একটি মহাবৃত্তের পোল দুইটির মধ্য দিয়া যে সমস্ত মহাবৃত্ত অঙ্কন করা যায় তাহাদিগকে "আরোহী বৃত্ত" (Secondaries) বলে। চিত্রে

PAP′, PBP′ প্রভৃতি AB মহাবৃত্তের আরোহী বৃত্ত। ∠AOB-কে PAP′, PBP′ আরোহী বৃত্ত মধ্যস্থ কোণ (spherical angle) বলে।

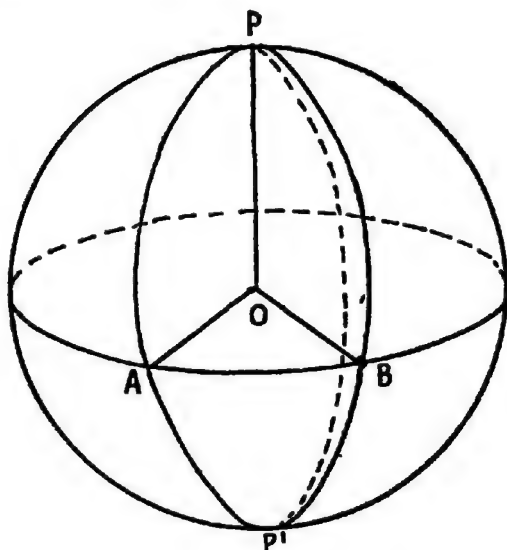
১৫০৭. দুইটি মহাবৃত্ত পরস্পরকে ছেদ করিলে উহাদের মধ্যে যে কোণ উৎপন্ন হয় তাহার পরিমাণ

(১) ছেদ বিন্দুতে বৃত্ত দুইটির উপর অঙ্কিত স্পর্শকের মধ্যস্থিত কোণ অথবা

P

O

A B

P'

(২) যে মহাবৃত্তের উপর বৃত্ত দুইটি আরোহী হইবে তাহার উপর বর্ণিত বৃত্তাংশ অথবা

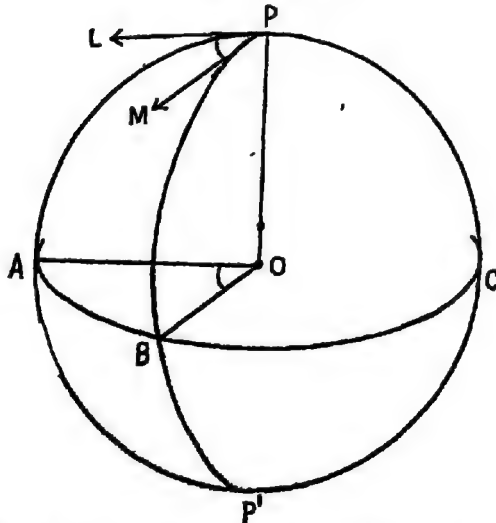
(৩) বৃত্ত দুইটির পোলমধ্যস্থ কোণ দ্বারা নির্দিষ্ট হয়।

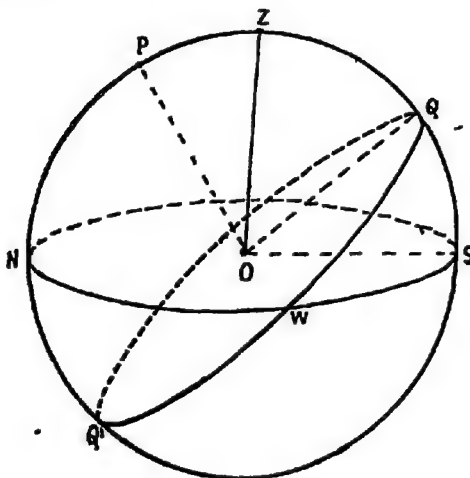
প্রমাণ

(১) মনে করুন PAP^1, PBP^1 দুইটি মহাবৃত্ত, O উহাদের কেন্দ্র এবং উহারা P, P^1 বিন্দুতে ছেদ করিয়াছে। মনে করুন উভয় মহাবৃত্তই ABC মহাবৃত্তের আরোহী (Secondary)। OA, OB যুক্ত করুন। মনে করুন PL, PM মহাবৃত্তের উপরে স্পর্শক। যেহেতু PL এবং PM যথাক্রমে OA এবং OB-এর সমান্তরাল,

অতএব $\angle LPM = \angle AOB$

অতএব গোলকীয় কোণ $APB = \angle AOB$

$= \angle LPM.$

(২) যেহেতু বৃত্তাংশ $AB = r\ \angle AOB$, আমরা যদি $r = 1$ লই,

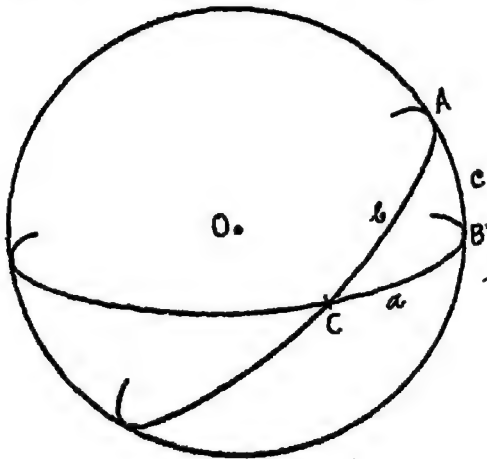
তাহা হইলে $\widehat{AB} = \angle AOB$

(৩) মনে করুন P, Z বিন্দু দুইটি যথাক্রমে QWQ^1 এবং NWS মহাবৃত্তদ্বয়ের পোল। মনে করুন O গোলকের কেন্দ্র। OP, OZ, OQ, OS যোগ করুন।

নির্ণয় কোণ $= \angle QOS$।

কিন্তু $\angle POQ = \frac{\pi}{2}$, $\angle ZOS = \frac{\pi}{2}$.

অতএব $\angle POZ = \angle QOS = SWQ$ (গোলকীয় কোণ)।

১৫.০৮. গোলকীয় ত্রিভুজ (spherical triangle)

গোলকের উপরে যে কোন তিনটি মহাবৃত্ত লইলে তাহাদের পরস্পর ছেদবিন্দুগুলি লইয়া আমরা যে রেখাচিত্র পাই তাহাকে "গোলকীয় ত্রিভুজ" (spherical triangle) বলে। চিত্রে ABC একটি গোলকীয় ত্রিভুজ এবং $\overset{\wedge}{AB}$, $\overset{\wedge}{BC}$, $\overset{\wedge}{CA}$ তিনটি মহাবৃত্তের অংশ। একটি গোলকীয় ত্রিভুজের তিনটি কোণ এবং তিনটি বাহু আছে।

গোলকীয় ত্রিভুজের প্রধান কয়েকটি ধর্ম:

(১) যে কোন দুইটি বাহুর যোগফল তৃতীয় বাহু অপেক্ষা বৃহত্তর ;

(২) ত্রিভুজের তিনটি কোণের যোগফল π রেডিয়ান হইতে বেশী এবং 3π রেডিয়ান হইতে কম,

(৩) ত্রিভুজের বাহু এবং কোণের প্রত্যেককে "কোণের এককে" প্রকাশ করা হয় এবং

(৪) গোলকের ব্যাসার্ধকে 1 একক ধরা হয়।

১৫.০.৯. কয়েকটি সূত্র

আমরা নিম্নে প্রমাণ ছাড়া কয়েকটি সূত্র উদ্ধৃত করিয়া দিলাম।

(১) cosine সূত্র : (চিত্র দেখুন)

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\cos b = \cos c \cos a + \sin c \sin a \cos B.$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

(২) sine সূত্র : (চিত্র দেখুন)

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

(৩) "চার রাশি" সূত্র

$$\cos a \cos B = \sin a \cot c - \sin B \cot C$$

অর্থাৎ Cos (অন্তস্থ বাহু)×cos (অন্তস্থ কোণ)=sin (অন্তস্থ বাহু) ×cot (অপর বাহু)−sin (অন্তস্থ কোণ) cot (অপর কোণ)।

(৪) cosine সূত্রের অনুরূপ সূত্র

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$

$$\sin a \cos C = \cos c \sin b - \sin c \cos b \cos A$$

$$\sin b \cos C = \cos c \sin a - \sin c \cos a \cos B$$

$$\sin b \cos A = \cos a \sin c - \sin a \cos c \cos B$$

$$\sin c \cos A = \cos a \sin b - \sin a \cos b \cos C$$

$$\sin c \cos B = \cos b \sin a - \sin b \cos a \cos C.$$

(৫) **tangent সূত্র**

যদি $2s = a+b+c$, তাহা হইলে

$$\left.\begin{aligned}\tan\frac{A}{2} &= \frac{k}{\sin(s-a)}\\ \tan\frac{B}{2} &= \frac{k}{\sin(s-b)}\\ \tan\frac{C}{2} &= \frac{k}{\sin(s-c)}\end{aligned}\right\} k = \sqrt{\frac{\sin(s-a)\sin(s-b)\sin(s-c)}{\sin s}} = \tan r.$$

(৬) **cotangent সূত্র**

যদি $2S = A+B+C$, তাহা হইলে

$$\left.\begin{aligned}\cot\frac{a}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-A)}\\ \cot\frac{b}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-B)}\\ \cot\frac{c}{2} &= \frac{k^1}{\cos(S-C)}\end{aligned}\right\}, k^1 = \sqrt{\frac{\cos(S-A)\cos(S-B)\cos(S-C)}{-\cos S}} = \frac{1}{\tan R}$$

(৭) Napier-এর অনুরূপ সূত্র

$$\tan\tfrac{1}{2}(a-b) = \frac{\sin\frac{1}{2}(A-B)}{\sin\frac{1}{2}(A+B)}\tan\tfrac{1}{2}c$$

$$\tan\tfrac{1}{2}(a+b) = \frac{\cos\frac{1}{2}(A-B)}{\cos\frac{1}{2}(A+B)}\tan\tfrac{1}{2}c,$$

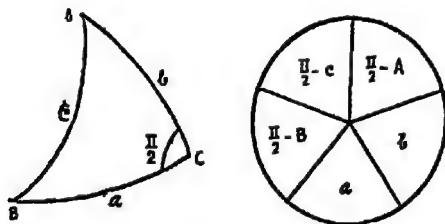
$$\tan\tfrac{1}{2}(A-B) = \frac{\sin\frac{1}{2}(a-b)}{\sin\frac{1}{2}(a+b)}\cot\tfrac{1}{2}c.$$

এবং $$\tan\tfrac{1}{2}(A+B) = \frac{\cos\frac{1}{2}(a-b)}{\cos\frac{1}{2}(a+b)}\cot\tfrac{1}{2}c$$

(৮) সমকোণী গোলকীয় ত্রিভুজের সমাধান (Solution of right spherical triangle)

sin (মধ্যাংশ) = পার্শ্ববর্তী অংশের tangent-এর গুণফল।

sin (মধ্যাংশ) = বিপরীত অংশের Cosine এর গুণফল।

অর্থঃ সমকোণী গোলকীয় ত্রিভুজ ABC-তে মনে করুন যে, C $= \frac{\pi}{2}$। তাহা হইলে বৃত্তাংশগুলি যথাক্রমেঃ a b, $\frac{\pi}{2} - A$, $\frac{\pi}{2} - c$

$\frac{\pi}{2} - B$(Cকে বাদ দিয়া)। এখন এই পাঁচটি রাশির যে কোনটিকে মধ্যাংশ ধরিয়া উহার উভয় পার্শ্বের অংশকে মধ্যবর্তী অংশ এবং অপর দুই অংশকে বিপরীতাংশ বলা হয়। এইভাবে উপরোক্ত Napier এর নিয়মানুসারে আমরা মোট 10টি সূত্র লিখিতে পারি।

১৫·১ জ্যোতিষ্কের অবস্থান নির্ণয়মূলক কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫·১.১. মহাবিষুবের কৌণিক কাল (Hour angle) t, জ্যোতিষ্কের রাইট অ্যাসেন্‌শন এবং উহার কৌণিক কালের মধ্যে সম্বন্ধ

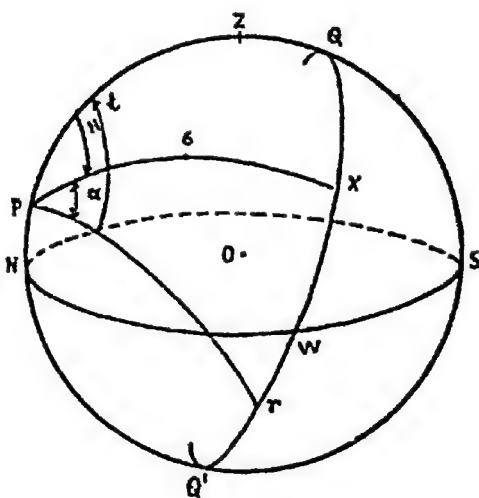
মনে করি পর্যবেক্ষণকারীর অবস্থান O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া ঐ স্থানের মহাগোলক অঙ্কন করা হইল। মহাবৃত্তসমূহ N W S, Q W Q' এবং N P Z S যথাক্রমে ঐ স্থানের দিগন্ত রেখা, বিষুবরেখা এবং মেরিডিয়ান রেখা নির্দেশ করিতেছে। মনে করুন σ একটি জ্যোতিষ্কের অবস্থান নির্দেশ করিতেছে। P বিন্দু ধ্রুব নক্ষত্রের স্থান এবং γ বিন্দু মহাবিষুবের স্থান নির্দেশ করিতেছে। PσX এবং Pγ উভয়েই বিষুব বৃত্তের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তাংশ।

চিত্র হইতে সহজেই বুঝা যায় যে মহাবিষুবের কৌণিক কাল = $\angle ZP\gamma$ এবং σ-এর কৌণিক কাল = $\angle ZP\sigma$ এবং σ-এর রাইট অ্যাসেনশন = $\angle \sigma P\gamma$

সুতরাং, $\angle ZP\gamma = \angle ZP\sigma + \angle \sigma P\gamma$

অর্থাৎ, $t = H + \alpha$

অথবা, $H = t - \alpha$

অথবা, $\alpha = t - H$

মন্তব্য : একটি জ্যোতিষ্ক যদি কোন মুহূর্তে এক স্থানের মেরিডিয়ানের উপর অবস্থান করে, তাহা হইলে $H = 0$ হইবে এবং উহার রাইট অ্যাসেনশন উহার সাইডেরিয়াল সময় t এর সমান হইবে।

১৫ ১২ নতি δ (declination), অক্ষাংশ φ (latitude) এবং জেনিথ দূরত্ব Z-এর মধ্যে সম্বন্ধ

মনে করুন NPZS একজন পর্যবেক্ষকের স্থানীয় মেরিডিয়ান বৃত্ত এবং φ ঐ স্থানের অক্ষাংশ। মনে করুন U জ্যোতিষ্ক কোন মুহূর্তে

মেরিডিয়ান বৃত্ত অতিক্রম করিতেছে। QWQ^1 যদি বিষুব বৃত্ত হয় তাহা হইলে $QZ = \phi$, $UZ = Z$ এবং $QU = \delta$

অতএব, $QZ = QU + UZ$

অথবা, $\phi = \delta + Z.$

অথবা, $Z = \phi - \delta$

অথবা, $\delta = \phi - Z$

তেমনি U' যদি জ্যোতিষ্কের মেরিডিয়ানে অবস্থান হয় তাহা হইলে $QU' = \delta$, $ZU' = Z$, $QZ = \phi$

হইতে আমরা পাই

$$QU' = ZU' + QZ$$

অথবা, $\delta = Z + \phi$

অথবা, $Z = \delta - \phi$

অথবা, $\phi = \delta - Z$

মন্তব্য: একটি জ্যোতিষ্ক জেনিথের উত্তরে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিলে $\delta > \phi$ এবং দক্ষিণে অতিক্রম করিলে $\delta < \phi$ হইবে।

উদাহরণ-১। কোন স্থানের আকাশে ধ্রুব নক্ষত্রের জেনিথ হইতে দূরত্ব 60° হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত?

মনে করুন ঐ স্থানের অক্ষাংশ$=\phi$

জেনিথ দূরত্ব$=90^\circ-\phi$.

অতএব $90-\phi=60^\circ$

$\therefore \phi=30^\circ$

উদাহরণ ২। একটি স্থানে একটি নক্ষত্রের রাইট্ অ্যাসেন্‌শন 22 ঘণ্টা 54 মিনিট। ঐ স্থানের স্থানীয় কৌণিক কাল 10 ঘণ্টা 40 মিনিট হইলে উহার সাইডেরিয়াল সময় কত নির্ণয় করুন।

এখানে $t=\alpha+H$

$\therefore$ সা সময় $=22$ ঘ. 54 মি.$+10$ঘ 40. মি.

$=33$ ঘ. 34 মি.

$=9$ ঘ. 34 মি. (24 ঘণ্টা বাদ দিয়া)

উদাহরণ ৩। একটি সাইডেরিয়াল সময়$=8$ ঘ. 12 মি. এবং স্থানীয় কৌণিক কাল 15 ঘ. 46 মি হইলে একটি নক্ষত্রের রাইট্ অ্যাসেন্‌শন কত হইবে তাহা নির্ণয় করুন।

এখানে $t=\alpha+H$

$\therefore \alpha=t-H=8$ঘ. 12 মি.-15 ঘ 46 মি $+24$ ঘ

$=16$ ঘ 26 মি

উদাহরণ ৪। $22^\circ35'$ উত্তর অক্ষাংশে একজন পর্যবেক্ষক একটি জ্যোতিষ্ককে জেনিথে দেখিতে পাইলেন। ঐ জ্যোতিষ্কের বিষুব বৃত্তের উপর 'নতি' (declination) কত?

মনে করুন জ্যোতিষ্কটির নতি$=\delta$.

এখানে $\phi=22^\circ35'$ এবং $Z=0^\circ$

অতএব $\phi=\delta+Z$ সূত্র হইতে আমরা পাই,

$\delta=\phi-Z=22^\circ35'$

উদাহরণ ৫। ভেগা নক্ষত্রের নতি $38^\circ44'$ যে স্থানের অক্ষাংশ $23^\circ28'$ উত্তর সেই স্থানে ঐ নক্ষত্রের মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় মেরিডিয়ান উচ্চতা কত?

যদি মেরিডিয়ান উচ্চতা $=a$ হয় তাহা হইলে উহার জেনিথ দূরত্ব $Z=90^\circ-a$ হইবে এবং যেহেতু $\delta>\phi$,

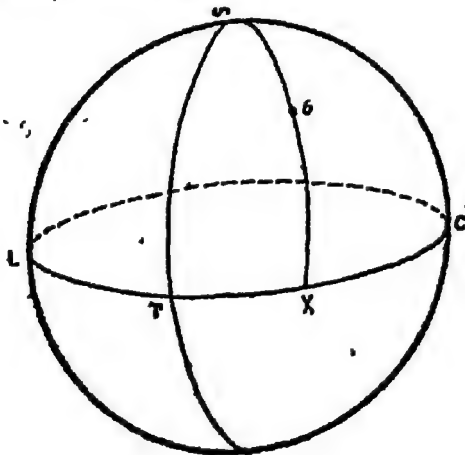
$$\therefore \quad Z=\delta-\phi=38^\circ 44'-23^\circ 28'$$
$$=15^\circ 16'.$$
$$\therefore \quad a=90^\circ-15^\circ 16'$$
$$=74^\circ 44'$$

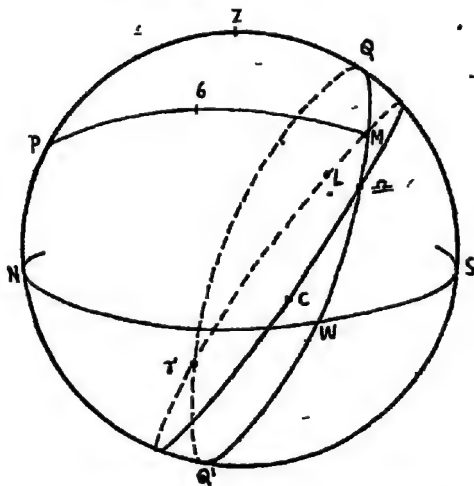
উদাহরণ ৬। Sirius নক্ষত্রের নতি $-16^\circ 38'$ এবং ইহার জেনিথ হইতে দূরত্ব $39^\circ 13'$ ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত ?

এখানে $\phi=Z+\delta$ হইতে আমরা পাই

$$\phi=39^\circ 13'-16^\circ 38'$$
$$=22^\circ 35' \text{ উত্তর।}$$

১৫২. মহাদ্রাঘিমা এবং মহাক্ষাংশ (Celestian longitude, celestital latitude) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.২.১. মহাবিষুবকে প্রাথমিক বিন্দু (origin) এক্লিপটিককে এবং উহার উপর মহাবিষুব বিন্দুর মধ্য দিয়া অঙ্কিত মহাবৃত্তকে মূল বৃত্ত ধরিয়া কোন জ্যোতিকের অবস্থান নির্ণয় করিতে আমরা মহাদ্রাঘিমা এবং মহাক্ষাংশের ব্যবহার করি।

মনে করুন $L\gamma XC$ এক্লিপটিক এবং σ একটি জ্যোতিষ্কের অবস্থান সূচনা করিতেছে। এখানে

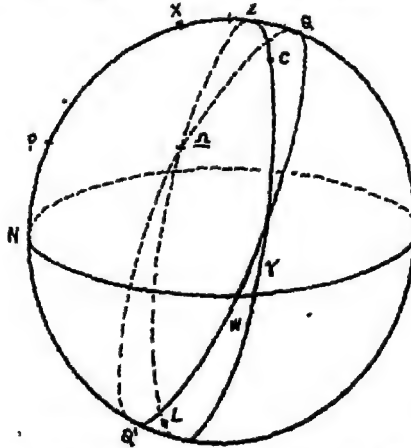
$$\gamma X = \text{মহাদ্রাঘিমা} = \lambda$$
$$X\sigma = \text{মহাক্ষাংশ} = \beta.$$

উদাহরণ ৭। ঢাকায় (অক্ষাংশ $= 3^\circ 0$ উঃ) অবস্থানকারী একজন পর্যবেক্ষক 1970 সালের 15 জুলাই তারিখে বিকাল 6 ঘটিকার সময় সূর্যকে এবং একটি জ্যোতিষ্ককে (রাইট অ্যাঃ $= 14$ ঘ 13 মি. এবং নতি $= 19^\circ 25'$) আকাশে কোন্ অবস্থানে দেখিবেন তাহার একটি চিত্র অঙ্কন করুন।

প্রথমে আমরা দিগন্তরেখা এবং মেরিডিয়ান অঙ্কন করি। তারপর $PN = 30^\circ$ উত্তরে P-এর অবস্থান স্থির করি। 15 জুলাই তারিখে সূর্যের রা অ্যাঃ $= 113^\circ 45'$ (দ্বিপ্রহরে) এবং সন্ধ্যা 6 টায় উহার কৌণিক কাল $= 6 \times 15^\circ = 90^\circ$.

$$\text{সুতরাং} \quad t = \alpha + H$$
$$= 113^\circ 45' + 90^\circ$$
$$= 203^\circ 45'$$

অতএব আমরা বিষুব বৃত্ত বরাবর মেরিডিয়ান হইতে পশ্চিমদিকে $203^\circ 45'$ মাপিয়া ভারনাল ইকুইনস γ এর স্থান নির্ণয় করিতে পারিলাম। γ হইতে 180° ডিগ্রী দূরে Ω-এর স্থান নির্ণয় করিলাম। এখানে $Q\Omega =$

$203°45 - 180° = 23°45'$ এখন এক্লিপটিক সহজেই অঙ্কন করা যায়। যেহেতু 14 ঘ. 13 মি. = $213°15'$ অতএব বিষুব বৃত্তের উপর $\gamma Q' M = 213°15'$ দূরে M বিন্দু লইলাম। PM মহাবৃত্তাংশ অঙ্কন করিয়া $\odot M = 19°25'$ দূরে ☉-এর অবস্থান নির্ণয় করিলাম। সূর্যের অবস্থান L স্থানা এক্লিপটিকের উপর $203°45'$ γ হইতে দূরে নির্দেশিত হইবে।

উদাহরণ ৮। $22°35'$ উঃ অক্ষাংশে অবস্থিত কোন একটি স্থানের আকাশে একটি নক্ষত্র সন্ধ্যা 7 ঘটিকার মেরিডিয়ান অতিক্রম করে। নক্ষত্রটির নতি $45°56'$ এবং রাঃ অ্যা = 5 ঘ 12 মি হইলে বৎসরের কোন্ সময়ে ইহা সম্ভব হইবে তাহা নির্ণয় করুন।

মেরিডিয়ান অঙ্কন করার পর $PN = 22°35'$ কাটিয়া লই। QQ' বিষুববৃত্ত। মনে করুন সন্ধ্যা 7 ঘটিকার নক্ষত্রটির অবস্থান X. যেহেতু X-এর নতি = $45°56'$, অতএব মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময়

$$t = \alpha + H = \alpha = 5 \text{ ঘ. } 12 \text{ মি.}$$

$$\therefore \quad t = 78°$$

অতএব $Q\gamma = 78°$ মাপিয়া লইলে ভারনাল ইকুইনক্স γ-এর অবস্থান জানিতে পারি। এখন এক্লিপটিক অঙ্কন করিয়া সূর্যের কৌণিক কাল 7 ঘটিকার সময় $7 \times 15 = 105°$ হইতে উহার রা. অ্যা. (R·A). = $78° - 105° = -27° = +333°$ পাওয়া যায়। কিন্তু 22 ডিসেম্বর তারিখে

R A =270° এবং 333−270=63 দিন পর অর্থাৎ 23 ফেব্রুয়ারীতে সূর্যের R.A =333° হইবে। অতএব নক্ষত্রের মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার দিন ছিল 23 ফেব্রুয়ারী।

১৫.২.২. চন্দ্রের কক্ষপথ এক্লিপটিকের সাথে 5°9′ কোণে অবস্থিত হইলেও আমরা যদি ধরিয়া লই যে চন্দ্র এক্লিপটিকের উপর পরিভ্রমণ করে তাহা হইলে

(১) চন্দ্র সূর্য হইতে প্রতিদিন 12·2° পূর্বদিকে সরিয়া যায়,

(২) অমাবস্যার সময় চন্দ্র এবং সূর্য একই মহাদ্রাঘিমায় অবস্থিত;

(৩) পূর্ণিমার সময় চন্দ্র এবং সূর্যের মহাদ্রাঘিমার পার্থক্য 180° হয়;

(৪) চন্দ্রের বয়স x দিন হইলে উহার মহাদ্রাঘিমা = সূর্যের মহাদ্রাঘিমা + 12·2 x.

উদাহরণ ৯। 26°11′ উত্তর অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানের আকাশে 10 অক্টোবরে সন্ধ্যা ৪ ঘটিকার সময় 10 দিন বয়সের চন্দ্র, সূর্য এবং একটি নক্ষত্রের (α = 5 ঘ. 52 মি, δ = 7°23) অবস্থান চিত্রের সাহায্যে নির্দেশ করুন। বৎসরের কখন নক্ষত্রটি ঐ সময়ে, ঐ স্থানে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে?

প্রথমে আমরা ঐ স্থানের মেরিডিয়ান বৃত্তটি অঙ্কন করিয়া উহার উপরে দিগন্তরেখা এবং বিষুব বৃত্ত অঙ্কন করি।

Z Q M T P E S N W δ X ☉ ☊ Q′

$PN = 26°11'$ লইয়া P বিন্দু নির্দেশ করিলাম। সন্ধ্যা 8 ঘটিকার সূর্যের কৌণিক কালের পরিমাণ $8 \times 15 = 120°$ আবার যেহেতু 23 সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্যের R. A. $= 180°$, অতএব 10 অক্টোবরে সূর্যের R. A. $= 180° + 17° = 197°$

যেহেতু, $t = \alpha + H$

$= 197° + 120°$

$= 317°$.

অতএব সূর্যের অবস্থান এবং মহাবিষুবের অবস্থান নির্ণয় করা সম্ভব হইল। ইহা হইতে Ω-এর অবস্থান নির্ণয় করিলাম। এখন যেহেতু 10 দিনের চন্দ্রের সূর্য হইতে কৌণিক দূরত্ব প্রায় $12.2 \times 10 = 122°$ এক্লিপটিকের উপর 122° দূরে M চন্দ্রের অবস্থান নির্ণয় করিতেছে। ⊙ দ্বারা সূর্যের অবস্থান নির্দেশ করা হইয়াছে। আবার 5 ঘ 52 মি $= 88°$. অতএব বিষুব বৃত্তের উপর $\gamma X = 88°$ লইয়া, PX বৃত্তাংশ অঙ্কন করিয়া $X\sigma = 7°23'$ লইলে σ নক্ষত্রটির অবস্থান নির্দেশ করিবে। নক্ষত্রটি যখন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে তখন সাইডেরিয়াল সময় $t = \alpha = 5$ ঘ. 52 মি. $= 88°$ সন্ধ্যা 8 ঘটিকায় সূর্যের কৌণিক কাল $= 8 \times 15 = 120°$

সুতরাং সূর্যের R. A. $= 88 - 120° = 328°$

ডিসেম্বর মাসের 22 তারিখে সূর্যের R. A. $= 270°$

অতএব 18 ফেব্রুয়ারী $= 328°$।

18 ফেব্রুয়ারী নির্ণেয় সময়।

প্রশ্নমালা—১১

১। যদি একটি জ্যোতিক কোন স্থানের আকাশে 20 এপ্রিলে সন্ধ্যা 8 টার সময় মেরিডিয়ান অতিক্রম করে তাহা হইলে 30 এপ্রিল, 1 জুন এবং 30 সেপ্টেম্বর তারিখে কখন্ কখন উহা মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে?

২। একটি জ্যোতিষ্কের উচ্চতা (altitude) 36° হইলে উহার জেনিথ দূরত্ব কত ?

৩। একটি নক্ষত্রের জেনিথ দূরত্ব 54° হইলে উহার উচ্চতা কত ?

৪। যে স্থানে মহাদিগন্ত (ক) মহাবিষুবের সহিত এবং (খ) Prime vertical-এর সহিত মিশিয়া যায় সেই স্থানের অক্ষাংশ কত ?

৫। একটি জ্যোতিষ্কের নতি $\delta=7°23'$ হইলে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় ঢাকা ($\phi=30°$) ও কলিকাতায় ($\phi=22°35'$) উহার উচ্চতা কত হইবে ?

৬। যথাক্রমে 30°, 28°38′, 26°11′, 22°35′ অক্ষাংশ বিশিষ্ট স্থানসমূহে ভেগা (vega) নক্ষত্রের ($\delta=38°43'$) মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় উচ্চতা কত হইবে ?

৭। একটি নক্ষত্রের R. A.=4 ঘ 32 মি.। কোন একটি স্থানের স্থানীয় সাইডেরিয়াল সময় 7 ঘ. 28 মি এর সময় ঐ নক্ষত্রের কৌণিক কাল কত হইবে ?

৮। গ্রীনউইচের (Greenwich-এর) সাইডেরিয়াল সময় যখন 7 ঘ 28 মি. 44 সে. তখন—97°30′ দ্রাঘিমার অবস্থিত স্থানের সাইডেরিয়াল সময় কত ?

৯। α-Bootis নামক নক্ষত্রের R A=14 ঘ 13 মি এবং একটি স্থানের (দ্রাঘিমা—77°) সাইডেরিয়াল সময় 14 ঘ. 32 মি. হইলে নক্ষত্রটির Greenwich-এ কৌণিক কাল কত হইবে ?

১০। ঊর্ধ্ব এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি জ্যোতিষ্কের উচ্চতা যথাক্রমে 37°8′ এবং 8°2′ হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত ?

১১। একটি নক্ষত্রের নতি —28°54′। 16°45′ উত্তর এবং 22°35′ উত্তর অক্ষাংশে অবস্থিত স্থানসমূহে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার। সময় উহার জেনিথ দূরত্ব কত হইবে ?

১২। কোন স্থানের মহাকাশের একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া দিগন্ত বৃত্ত, বিষুববৃত্ত এবং একটি জ্যোতিষ্কের নতি, R.A. এবং কৌণিক কাল নির্দেশ করুন।

১৩। এক্লিপটিক, মহাদ্রাঘিমা এবং মহাক্ষাংশ বর্ণনা করুন। প্রমাণ করুন যে, কোন স্থানে ধ্রুব নক্ষত্রের উচ্চতা ঐ স্থানের অক্ষাংশের সমান এবং একটি নক্ষত্রের উচ্চতা, মেরিডিয়ানে অবস্থান কালে সর্বাপেক্ষা বৃহৎ হইবে। 21 মার্চ তারিখে সূর্যোদয়ের সময় সূর্যের কৌণিক কাল কত?

১৪। যদি একটি নক্ষত্র অদ্য রাত্রি 11 টায় মেরিডিয়ান অতিক্রম করে তাহা হইলে (i) আগামীকল্য রাত্রিতে কোন্ সময় এবং (ii) 15 দিন পর কোন সময় উহা আবার মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে?

১৫। বৃহত্তম দিনে (সূর্যের নতি ঐ দিনে $\delta=23°27'$) কোন এক স্থানে সূর্যের জেনিথ দূরত্ব $49°3'$ হইলে ঐ স্থানের অক্ষাংশ এবং মধ্যরাত্রিতে সূর্যের উচ্চতা কত হইবে তাহা নির্ণয় করুন।

১৬। $\phi=25°20'$ উত্তর অক্ষাংশের কোন স্থানের আকাশে Sirius নক্ষত্রের ($\delta=-16°38'$) মেরিডিয়ান অতিক্রম কালে উচ্চতা কত তাহা নির্ণয় করুন।

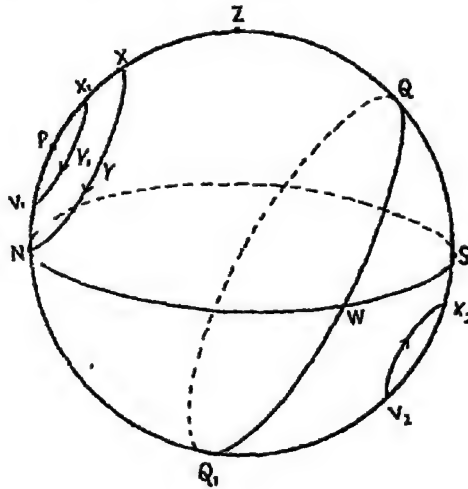
ঊর্ধ্ব এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি নক্ষত্রের উচ্চতা যথাক্রমে $79°25'$ এবং $23°35'$ হইলে নক্ষত্রটির নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশ কত তাহা নির্ণয় করুন।

১৭। $\phi=55°45'$ উত্তর অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানে 1970 খ্রীস্টাব্দের 20 জুলাই রাত্রি 10 ঘটিকার সময়ের আকাশে সূর্য, 5 দিনের চন্দ্র, জুপিটার ($\alpha=22$ ঘ. 36 মি., $\delta=10°12'$) এবং ক্যাপেলা নক্ষত্রের ($\alpha=5$ঘ. 12 মি, $\delta=45°56'$) অবস্থান দেখাইয়া একটি মহাগোলকের চিত্র অঙ্কন করুন।

১৮। 1970 খ্রীস্টাব্দের 10 মার্চ তারিখে রাত্রি 9 ঘটিকার সময় $30°$ অক্ষাংশস্থিত স্থানের আকাশে সূর্য, 2 দিনের চন্দ্র, শনি-গ্রহ ($\alpha=12$ ঘ. 9 মি., $\delta=1°26'$), Aldebaran ($\alpha=4$ঘ. 33 মি; $\delta=16°24'$) নক্ষত্রের অবস্থান দেখাইয়া একটি মহাগোলকের চিত্র অঙ্কন করুন।

১৫·৩ পৃথিবীর আহ্নিক এবং বার্ষিক গতি সম্বলিত সমস্যাবলী

১৫·৩·১· যে-কোন স্থানে নক্ষত্রের অস্তগামী না হইবার শর্ত

মনে করুন NPZQS, NWS এবং QWQ′ যথাক্রমে পর্যবেক্ষণকারীর মেরিডিয়ান, দিগন্তরেখা ও মহাবিষুব বৃত্ত নির্দেশ করিতেছে।

P,N,W,S এবং Z বিন্দুগুলি দ্বারা তাহাদের স্বকীয় অর্থপূর্ণ বিন্দুগুলি বুঝাইতেছে। মনে করুন XYN, ধ্রুবতারাকে বেষ্টনকারী কোন একটি নক্ষত্রের ভ্রমণপথ এবং উহার নতি δ। যদি নক্ষত্রটি অস্তগামী না হয় অর্থাৎ কখনই অস্ত না যায় তাহা হইলে ইহার ভ্রমণপথ সর্বদাই দিগন্তরেখার উপরে অবস্থান করিবে বা দিগন্তরেখাকে স্পর্শ করিয়া থাকিবে। অতএব সকল কৌণিক কালেই ইহা দিগন্ত-বৃত্তের উপরে থাকিবে। এখন যে নক্ষত্রের নতি $=\delta$, তাহার ধ্রুব নক্ষত্র হইতে দূরত্ব$=90°-\delta=PX=PN$.

অতএব কোন নক্ষত্র যদি ধ্রুব নক্ষত্রকে বেষ্টন করে এবং সেই সঙ্গে অস্ত না যায় তাহা হইলে

$$90°-\delta \leq PN$$

কিন্তু PN = ϕ বলিয়া আমরা পাই

$$90^\circ - \delta \leqq \phi.$$

অথবা $90^\circ - \phi \leqq \delta.$

অতএব নির্ণেয় শর্তটি হইল এই যে

কোন স্থানের আকাশে ধ্রুব নক্ষত্রকে বেষ্টনকারী নক্ষত্রের নতি এবং ঐ স্থানের অক্ষাংশের যোগফল 90° অপেক্ষা বেশী হইলে নক্ষত্রটি কখনই অস্ত যাইবে না ?

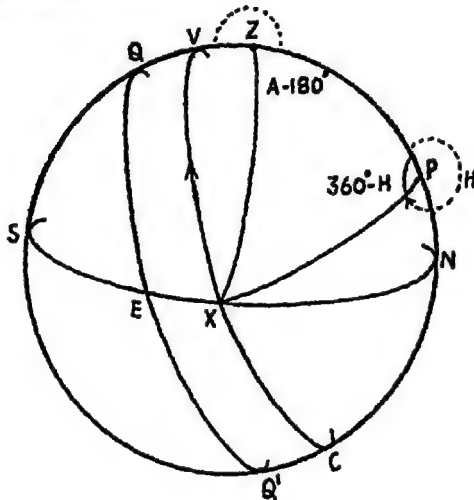
উদাহরণ ১০। 50° উঃ অক্ষাংশের কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের নতি 45° হইলে নক্ষত্রটি কি অস্ত যাইবে ?

এখানে $50^\circ + 45^\circ = 95^\circ$

অতএব নক্ষত্রটি অস্ত যাইবে না।

১৫·৩·২· কোন এক স্থানে উদয়াস্তের সময় সূর্যের কৌণিক কাল এবং এযিমাথ (azimuth) নির্ণয়

(a) উদয়কাল

মনে করুন ϕ অক্ষাংশে CXV দ্বারা সূর্যের আপেক্ষিক ভ্রমণপথ নির্দেশ করা হইল।

মনে করুন সূর্যোদয়ের সময় X অবস্থানে আছে (কোন একটি নির্দিষ্ট দিনে)। ZX, PX যথাক্রমে দিগন্ত বৃত্ত এবং বিষুব বৃত্তের উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্তের অংশ। মনে করুন A এবং H যথাক্রমে X-এর এযিমাথ এবং কৌণিক কাল। চিত্র হইতে আমরা পাই যে

$$\angle XZP = A - 180^\circ$$

$$\angle ZPX = 360^\circ - H$$

$$ZX = 90^\circ,\ PX = 90^\circ - \delta,$$

δ = নতি।

$$PZ = 90^\circ - \phi.$$

PZX ত্রিভুজ হইতে আমরা Trigonometry-এর সাহায্যে লিখিতে পারি যে

$$\cos ZX = \cos PZ \cos PX + \sin PZ \sin PX \cos XPZ$$

অথবা, $\cos 90^\circ = \cos(90^\circ - \phi)\cos(90^0 - \delta) + \sin(90^0 - \phi)\sin(90 - \delta)\cos(360 - H)$

অথবা, $0 = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos H$

অথবা, $\cos H = -\tan\phi \tan\delta$.

$$\therefore\ H = \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \qquad (১)$$

আবার,

$$\cos PX = \cos PZ \cos ZX + \sin PZ \sin ZX \cos PZX.$$

অথবা, $\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - \phi)\cos 90^\circ + \sin(90^\circ - \phi)\sin 90^\circ \cos(180^\circ - A)$.

অথবা, $\sin\delta = -\cos\phi \cos A$

$$\therefore\ \cos A = -\frac{\sin\delta}{\cos\phi}$$

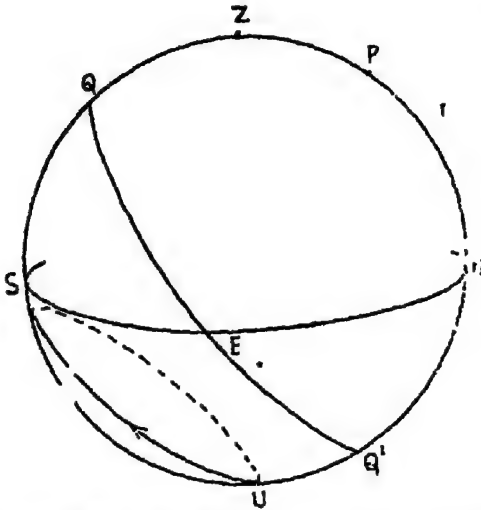
$$\therefore\ A = \cos^{-1}\left(-\frac{\sin\delta}{\cos\phi}\right) \qquad (২)$$

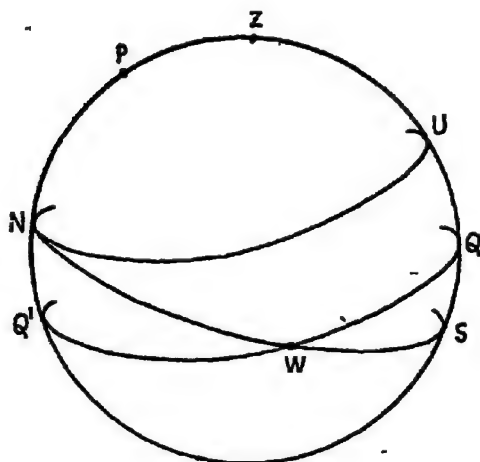
(১) এবং (২) হইতে সূর্যোদয়ের সময় উহার কৌণিক কাল এবং এযিমাথ জানা যায়।

লক্ষ্য করুন যে সূর্য যখন বিষুব বৃত্তের উপর অবস্থান করে তখন $\delta = 0$ হওয়ায় $H = A = 90°$ অর্থাৎ ২১শে মার্চ এবং ২৩শে সেপ্টেম্বর তারিখে সূর্য ঠিক ৬ ঘন্টা কৌণিক কালের সময় উদয় হয়।

(b) একইভাবে সূর্যাস্তের সময় উহার কৌণিককাল এবং এজিমাথ নির্ণয় করা সম্ভব।

১৫.৩.৩. মধ্যরাত্রির সূর্য, সর্বক্ষণ দিন এবং সর্বক্ষণ রাত্রি

আমরা জানি যে ঊর্ধ্ব মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় (কোন স্থানে) সূর্যের জেনিথ্ দূরত্ব $\delta - \phi$ বা $\phi - \delta$ হইয়া থাকে এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় ইহার জেনিথ্ দূরত্ব $180° - (\phi + \delta)$।

সবচেয়ে বড় দিনে (21 জুন), সূর্যের নতি $= 23°27'$ বলিয়া মেরু অঞ্চলে (অর্থাৎ যে স্থানের অক্ষাংশ $66°33'$ উঃ) মধ্যরাত্রিতে সূর্যের জেনিথ্ দূরত্ব $90°$। অতএব এই সময় সূর্য দিগন্তবৃত্তের N বিন্দুতে স্পর্শ করিবে। সুতরাং ঐ দিন সূর্যাস্ত হইবে না। সেইরূপ 22 ডিসেম্বর তারিখে (যখন দিন সর্বাপেক্ষা ছোট) সূর্যের জেনিথ্ দূরত্ব $90°$ হইবে এবং ঐ দিন সূর্যোদয় হইবে না।

মেরু অঞ্চলে ($\phi > 66°33'$) 21 শে মার্চ হইতে 23 শে সেপ্টেম্বর পর্যন্ত দেখা যায় যে কিছু দিনের জন্য সূর্যাস্ত মোটেই ঘটে না।

যতদিন পর্যন্ত সূর্য দিগন্ত বলয়ের উপরে থাকে ততদিন পর্যন্ত সময়কে "সর্বক্ষণ দিন" (perpetual day) বলা হয়। আবার 23 শে সেপ্টেম্বর হইতে 21 শে মার্চ পর্যন্ত কতকদিনের জন্য সূর্যোদয়ই হয় না। এই সময়কে "সর্বক্ষণ রাত্রি" (perpetnal night) বলে।

১৫.৩৪ সর্বক্ষণ দিন এবং সর্বক্ষণ রাত্রি ঘটিবার শর্ত

(১) যদি নিম্নের মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় সূর্য দিগন্ত বলয়কে শুধু স্পর্শ করে অথবা দিগন্ত বলয়ের উপরে অবস্থান করে তাহা হইলে "সর্বক্ষণ দিন" সংঘটিত হইবে। ইহার অর্থ এই যে $\phi + \delta_N \geqslant 90°$ হইলেই এমন অবস্থা সম্ভব হইবে। এখানে δ_N= সূর্যের উত্তর নতি (north declination)। অনুরূপভাবে বলা যায় যে যদি সূর্যের দক্ষিণ নতি δ_S এবং ϕ এর যোগফল 90° অপেক্ষা অধিক বা সমান হয় তাহা হইলে সর্বক্ষণ রাত্রি সম্ভব হইবে।

১৫.৩.৫. উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য

আমরা দেখিয়াছি যে সর্বক্ষণ দিন 24 ঘণ্টার বেশী হইতে হইলে $\delta_N+\phi \geqslant 90°$ হইতে হইবে। অতএব আমরা লক্ষ্য করিতেছি যে 21শে মার্চ এবং 22শে জুনের মধ্যে যখন সূর্যের নতি (δ_N) $90°-\phi$-এর সমান হয় তখন এমন দিন আরম্ভ হয় এবং 22 জুন হইতে 23 সেপ্টেম্বরের মধ্যে যখন δ_N আবার $90°-\phi$ এর সমান হয় তখন সর্বক্ষণ দিন শেষ হয়। অতএব যে দিন সূর্যের নতি $\delta_N=90° \ \phi$ হয় সে দিন হইতে আরম্ভ করিয়া $\delta_N=23°27'$ পর্যন্ত যতদিন সময় লাগিবে এবং $\delta_N=23°27'$ হইতে ক্রমশঃ δ_N-এর মান কমিয়া আবার $\delta_N=90°-\phi$ হইতে যতদিন সময় লাগিবে ততদিন পর্যন্ত সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য নির্দেশ করিবে। অতএব যদি L_1 এবং L_2 যদি এই দ্বিবিধ সময়ের পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$\text{দৈর্ঘ্য} = L_1+L_2$$

$$= 2\times\left[93-\frac{93\,(90-\phi)}{23°27'}\right]$$

[যেহেতু 21 মার্চ হইতে 22 সেপ্টেম্বর পর্যন্ত (93+93) দিন]

$$=\frac{186}{23°27'}\;(\phi-66°33')$$

উদাহরণ ১১। 72° অক্ষাংশে অবস্থিত কোন স্থানের সর্বক্ষণ দিনের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করুন।

$$\text{এখন } L = \frac{186\times(72°-66°33')}{23°27'}$$

$$=\frac{186\times5°27'}{23°27'} \text{ দিন।}$$

$$= 43{\cdot}23 \text{ (আসন্ন মান) দিন।}$$

১৫.৪. সময় সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৪.১. সাইডেরিয়াল সময় এবং সূর্য ডায়ালের সময়ের ব্যবহারে অসুবিধা

সূর্য প্রতিদিন গড়ে 1° করিয়া এক্লিপটিকের উপর পূর্বদিকে সরিয়া যায় বলিয়া প্রতিদিন দ্বিপ্রহরে ইহার সাইডেরিয়াল সময় 4 মিনিট

করিয়া বৃদ্ধি পাইতে থাকে। যদি মার্চ মাসের 21 তারিখে দ্বিপ্রহরে সাইডেরিয়াল সময়কে 0 ঘ 0 মি 0 সে. বলিয়া গণ্য করা হয় তাহা হইলে প্রতিদিন 4 মিনিট করিয়া বৃদ্ধি পাইয়া জুন মাসের 22 তারিখের দ্বিপ্রহরে (অর্থাৎ সূর্য যখন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে) সাইডেরিয়াল সময় 6 ঘণ্টায় দাঁড়াইবে। এইরূপ এক বৎসর পর পুনরায় মার্চ মাসের 21 তারিখে সাইডেরিয়াল সময়ের প্রভেদ হইবে 24 ঘণ্টা। আবার সূর্য ডায়াল অনুযায়ী সময় গণনা করিলে অসুবিধা এই যে প্রকৃত সৌরদিনের দৈর্ঘ্য সর্বদা এক নহে। সূর্য ডায়াল দ্বারা প্রকৃত সৌরদিন নির্দেশিত হয়।

১৫.৪.২. সময় সমীকরণ

সময় নির্ণয় করিবার জন্য একটি কাল্পনিক সূর্যের আশ্রয় লওয়া হইয়াছে। প্রকৃত সূর্য এবং কাল্পনিক সূর্যকে ভারনাল ইকুইনকসে মিলিত অবস্থায় কল্পনা করা হয়। তারপর কাল্পনিক সূর্যকে প্রতিদিন সমান গতিতে এক্লিপটিকের উপর দিয়া চলিতে কল্পনা করা হয়। এইরূপে এক বৎসর পরে আবার প্রকৃত সূর্যের সহিত ভারনাল ইকুইনক্সে মিলিত অবস্থায় পাওয়া যায়। কাল্পনিক সূর্যের পর পর মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময়ের ব্যবধানকে ব্যবহারিক দিন (Mean solar day) বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়। এই ব্যবহারিক দিনকে 24 ঘণ্টায় বিভক্ত করা হয়।

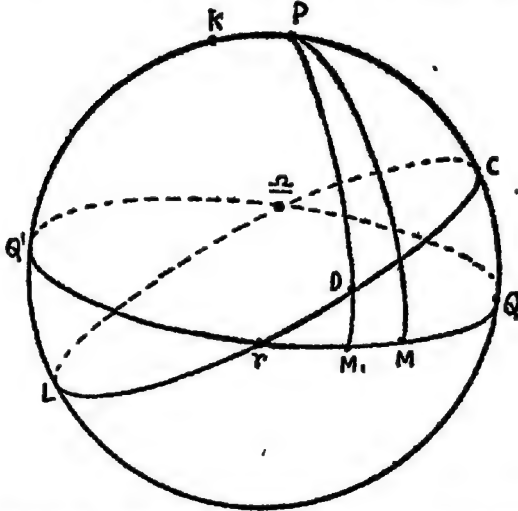
প্রকৃত সৌরদিন—ব্যবহারিক সৌরদিন=সময় সমীকরণ (ব্যবধান)

অথবা ডায়াল সময়—ঘড়ির সময়=সময় সমীকরণ (ব্যবধান)

প্রকৃত সময় এবং ব্যবহারিক সময়ের ব্যবধানের কারণ দুইটি:

(i) পৃথিবীর কক্ষপথের চ্যাপ্টা (উপবৃত্তাকার) প্রকৃতি,

এবং (ii) মহাবিষুবের সহিত কক্ষপথের "হেলান" অবস্থান।

(i) কক্ষপথের প্রকৃতি ঃ মনে করুন কক্ষপথের চ্যাপ্টা প্রকৃতিব জন্য সময়ের যে ব্যবধান সৃষ্টি হয তাহার পরিমাণ E_1. মনে করুন S এবং D যথাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং কাল্পনিক সূর্যের অবস্থান। মনে করুন

t_1 = সাইডেরিযাল সময,

α = প্রকৃত সূর্যের R.A.

α_1 = কাল্পনিক সূর্যেব R.A.

তাহা হইলে,

$$\alpha = \gamma M, \quad \alpha_1 = \gamma M_1.$$

এখন E_1 = প্রকৃত সময — ব্যবহাবিক সময

= S-এব কৌণিককাল — D-এর কৌণিককাল

$= (t_1 - \alpha) - (t_1 - \alpha_1)$

$= \alpha_1 - \alpha$

$= \gamma M_1 - \gamma M.$

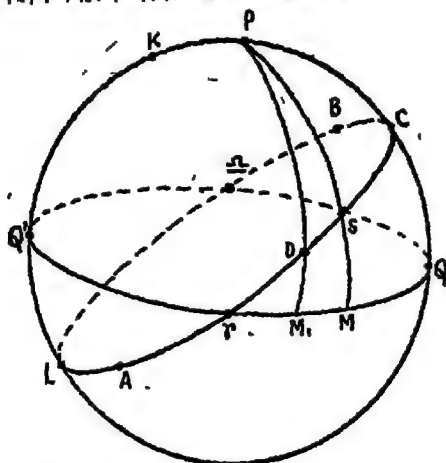
জানুযাবী মাসেব 3 তারিখে S এবং D উভয়েই একইস্থানে (A) আসে।

অতএব $E_1 = O$

আবাব জুলাই মাসের 4 তাবিখে একই কাবণে (B) $E_1 = O.$

আবার জানুয়ারী মাসের 3 তারিখে প্রকৃত সূর্য ব্যবহারিক সূর্য অপেক্ষা বেশী গতিশীল হওয়ায় 3 জানুয়ারী হইতে জুলাই মাসের 4 তারিখ পর্যন্ত E_1-এর মান ঋণাত্মক হইবে। আবার জুলাই মাসের 4 তারিখের পর হইতে জানুয়ারী মাসের 3 তারিখ পর্যন্ত E_1-এর মান 'ধনাত্মক' হইবে।

(ii) মহাবিষুবের সহিত কক্ষপথের "হেলান" অবস্থানজনিত ভ্রান্তি :

মনে করুন কক্ষপথের "হেলান" অবস্থানজনিত ভ্রান্তির পরিমাণ E_2। মনে করুন D এবং M যথাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্যের অবস্থান নির্দেশ করিতেছে যেন $\gamma M = \gamma D$.

মনে করুন t_1=সাইডেরিয়াল সময় এবং α_1, α_2 যথাক্রমে প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্যের R.A. (রাইট অ্যাসেন্‌শন)।

তাহা হইলে

$$\alpha_1 = \gamma M_1, \ \alpha_2 = \gamma M$$

সুতরাং E_2=প্রকৃত সময়−ব্যবহারিক সময়

=D-এর কৌণিককাল−M এর কৌণিককাল।

$=(t_1-\alpha_1)-(t_1-\alpha_2)$

$=\alpha_2-\alpha_1=\gamma M-\gamma M_1$

মার্চ মাসের 21 তারিখে ব্যবহারিক সূর্য এবং প্রকৃত সূর্যের অবস্থান γ বিন্দুর সহিত মিলিত হইবে। অতএব ঐ তারিখে

$$E_2 = O.$$

জুন মাসের 22 তারিখে প্রকৃত সূর্য C বিন্দুতে এবং ব্যবহারিক সূর্য Q বিন্দুতে অবস্থান করিবে। যেহেতু

$$\gamma C = \frac{\pi}{2} = \gamma Q$$

অতএব, জুন মাসের 22 তারিখে $E_2 = O$.

আবার সেপ্টেম্বর মাসের 23 তারিখে, প্রকৃত সূর্য এবং ব্যবহারিক সূর্য উভয়ে অটামনাল ইকুইনকস ♎-তে মিলিত হয় যেন

$$\gamma C♎ = \pi = \gamma Q♎.$$

অতএব, সেপ্টেম্বর মাসের 23 তারিখে $E_2 = O$.

ডিসেম্বর মাসের 22 তারিখে প্রকৃত সূর্য উইণ্টার সলিস্‌টিসে L (winter solistice) এবং ব্যবহারিক সূর্য Q′-এ আসে। যেহেতু

$$\gamma C♎L = \frac{3\pi}{2} = \gamma C♎Q'$$

অতএব, ডিসেম্বর মাসের 22 তারিখে, $E_2 = O$.

মার্চ মাসের 21 তারিখে প্রকৃত এবং ব্যবহারিক সূর্য আবার একই স্থানে মিলিত হয় এবং পূর্বালোচনার পুনরাবৃত্তি ঘটে।

মার্চ মাসের 21 তারিখ হইতে জুন মাসের 22 তারিখ পর্যন্ত E_2-এর মান ঋণাত্মক। উপরের আলোচনা সংক্ষিপ্ত সার রূপে আমরা লিখিতে পারি যে

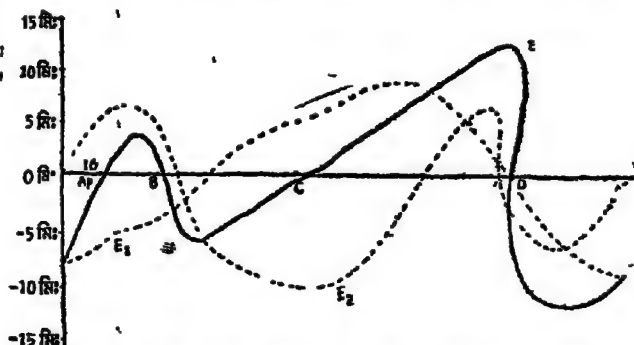
(১) E_2-এর মান 21 শে মার্চ, 22 শে জুন, 23 শে সেপ্টেম্বর এবং 22 শে ডিসেম্বর তারিখে "শূন্য" হয়,

(২) 21 শে মার্চ হইতে 22 শে জুন পর্যন্ত এবং 23 শে সেপ্টেম্বর হইতে 22 শে ডিসেম্বর পর্যন্ত E_2-এর মান "ধনাত্মক" (+) হয়; এবং (৩) 22 শে জুন হইতে 23 শে সেপ্টেম্বর এবং 22 শে ডিসেম্বর হইতে 21 শে মার্চ পর্যন্ত E_2-এর মান "ঋণাত্মক" হয়।

১৫·৪·৩· সময় সমীকরণের "গ্রাফ" বা লেখচিত্র

যদি আমরা সময় সমীকরণের পরিমাণকে E দ্বারা নির্দেশ করি তাহা হইলে

$$E=E_1+E_2$$

E_1 এবং E_2-এর মান নির্ণয় করিয়া দেখা যায় যে E_1-এর বৃহত্তম প্রকৃত (numerical) মান প্রায় 7 মিনিট এবং E_2-এর বৃহত্তম মান প্রায় 10 মিনিট হইয়া থাকে। বৎসরের বিভিন্ন সময়ে E-এর মান নির্ণয় করিয়া আমরা যে চিত্র পাই তাহা নিম্নে প্রদর্শিত হইল (একটানা লাইন)।

চিত্র হইতে দেখা যায় যে E-এর মান বৎসরে চার বার (16 এপ্রিল, 15 জুন, 1 সেপ্টেম্বর এবং 25 ডিসেম্বর) শূন্য হয়। এই সময়গুলি যথাক্রমে A,B,C,D বিন্দু দ্বারা প্রদর্শিত হইয়াছে।

উদাহরণ ১২। কোন এক স্থানের সূর্যোদয় 6 ঘ. 31 মি. 48 সেকেণ্ডের সময় এবং সূর্যাস্ত 5 ঘ. 17 মি 44 সেকেণ্ডের সময় ঘটিয়া থাকে। সময় সমীকরণ নির্ণয় করুন।

E=সময় সমীকরণ

প্রাতঃকালের দৈর্ঘ্য =12 ঘ −6 ঘ. 31 মি 48 সে.

=5 ঘ. 28 মি 12 সে.

বিকালের দৈর্ঘ্য =5 ঘ. 17 মি. 44 সে.

∴ 2E =5 ঘ. 28 মি. 12 সে.−5 ঘ. 17 মি. 44 সে.

=10 মি. 28 সে.

∴ E =5 মি 14 সে.

১৫.৪.৪. ব্যবহারিক সময় এবং সাইডেরিয়াল সময়ের মধ্যে সম্পর্ক

λ দ্রাঘিমার যে কোন এক স্থানে

স্থানীয সাইডেবিযাল সময = ব্যবহাবিক সূর্যেব কৌণিককাল + ইহাব R. A.

যে-কোন নির্দিষ্ট মুহূর্তে মনে করুন t_1, h_1 এবং α_1 দ্বারা স্থানীয সাইডেবিযাল সময, ব্যবহাবিক সূর্যের কৌণিককাল এবং ইহার R. A. সুচনা করা হইল। তাহা হইলে

$$t_1 = h_1 + \alpha_1$$

একদিন পবে মনে করুন উহাদের মান যথাক্রমে t_2, h_2 এবং α_2 হইল। তাহা হইলে

$$t_2 = h_2 + \alpha_2$$

$$t_2 - t_1 = (h_2 - h_1) + (\alpha_2 - \alpha_1)$$

কিন্তু $h_2 - h_1 = 24.$

এখন মনে করুন ব্যবহারিক সূর্যেব কৌণিক আবর্তন গতির পরিমাণ (1 দিনে) $= \omega$.

অতএব $\omega = \dfrac{360^\circ}{365\frac{1}{4}}$ অথবা $\dfrac{24 \text{ ঘ}}{365\frac{1}{4}}$ (প্রায)

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{24 \text{ ঘ}}{365\frac{1}{4}}$$

সাইডেবিযাল সময $= t_2 - t_1 = 24 + \dfrac{24}{365\frac{1}{4}}$

$$= 24 . \frac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}}$$

ব্যবহারিক 24 ঘণ্টা $= 24 . \dfrac{366\frac{1}{4}}{365\frac{1}{4}}$ সাইডেরিযাল সময

অর্থাৎ ব্যবহাবিক 24 ঘ = 24 ঘ. 3 মি. 56 556 সে. (সাইডেবিয়াল সময)

„ 1 ঘ = 1. ঘ. 9·8565 সে, („)

„ 1 মি. = 1 মি. 0 1643 সে. („)

„ 1 সে. = 1·0027 সে. („)

প্রকারান্তরে

24 ঘ. সাইডেরিয়াল সময়=24 ঘ.—3 মি. 55 910 সে. (ব্যবহারিক সময়)

1 ঘ	,,	,,	= 1 ঘ.—9 8296 সে.	(,,)
1মি	,,	,,	= 1 মি.—0·1638 সে.	(,,)
1 সে.	,,	,,	= 1 সে.—·0027 সে.	(,,)

প্রশ্নমালা—১২

১। যখন কোন স্থানে ভারনাল ইকুইনক্সের কৌণিক কাল 15 ঘণ্টা, তখন ঐ স্থানে ঐ মুহূর্তে সাইডেরিয়াল সময় কত?

২। সূর্যের কৌণিককাল যখন ৪০°-এর সমান তখন ঐ স্থানের প্রকৃত সময় কত?

৩। α—Cygni নামক তারার R A. = 20 ঘ. 39 মি. হইলে তারকাটির মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার কালে সাইডেরিয়াল সময় কত হইবে।

৪। কোন একটি নির্দিষ্ট স্থানের রাত্রি 10 ঘটিকার কোন্ তারিখে একটি নক্ষত্র (α=16 ঘ. 26 মি.) মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে?

৫। কোন এক স্থানে একদিন পূর্বেকার মধ্যরাত্রিতে সাইডেরিয়াল সময় 5 ঘ. 15 মি. ছিল। অদ্য যদি সেই স্থানে এই মুহূর্তে সাইডেরিয়াল সময় 14 ঘ. 30 মি হয় তাহা হইলে ব্যবহারিক সময় কত হইবে?

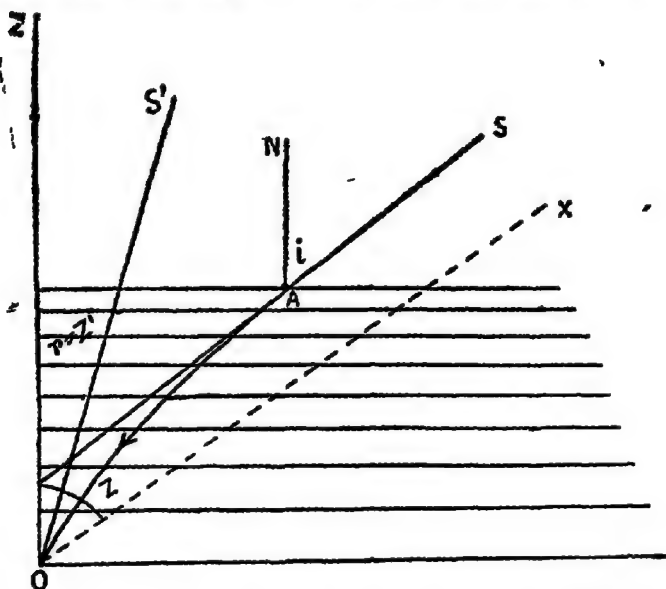
৬। যদি Greenwich-এ দ্বিপ্রহরে ব্যবহারিক সূর্যের R A. =0 ঘ 6 মি 40 সে হয়, তাহা হইলে যে নক্ষত্রের R. A =18 ঘ. 43 51 সে· সেই নক্ষত্র কোন্ সময়ে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবে?

৭। কোন একস্থানে কোন একদিনে 6 ঘ. 54 মি-এর সময় সূর্যোদয় এবং 4 ঘ 33 মি.-এর সময় সূর্যাস্ত হইয়া থাকিলে ঐ দিনে সময় সমীকরণের পরিমাণ কত?

৮। সাইডেরিয়াল সময় 5 ঘ 32 মি. 37 সে এবং ব্যবহারিক সূর্যের দ্বিপ্রহরের সময় R. A.=7 ঘ. 37 মি 32 সে. হইলে ব্যবহারিক সময় কত?

১৫·৫·৫· প্রতিসরণ (Refraction) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫·৫·১ সূত্র (Tangent)

মনে করুন যে আকাশে কোন জ্যোতিক S হইতে একটি আলোক রশ্মি SA আসিয়া পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের উচ্চতম স্তরের A বিন্দুতে পতিত হইল (চিত্র দেখুন)। AN লম্ব। মনে করুন SA রশ্মিটি AN-এর সহিত i কোণ উৎপন্ন করিল। বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তর অতিক্রম করিতে আলোক রশ্মিটি অনেকটা বাঁকিয়া যাইবে এবং পরিশেষে যখন ইহা O বিন্দুতে আসিয়া পৌঁছিবে তখন O বিন্দুতে পর্যবেক্ষণকারীর নিকট রশ্মিটিকে S_1 এর দিক হইতে আসিতে দেখা যাইবে। অতএব প্রতিসরণের ফলে S নক্ষত্রটিকে S_1 এর স্থানে অবস্থিত বলিয়া মনে হইবে। এখানে OS_1 লাইনটিকে AO বক্র লাইনের সহিত স্পর্শক রূপে দেখানো হইয়াছে। মনে করুন OX লাইনটি AS-এর সমান্তরাল করিয়া টানা হইল। যদি নক্ষত্র হইতে আগত আলো

প্রতিসরিত না হইত তাহা হইলে O বিন্দুতে নক্ষত্রটিকে X এর অবস্থানে দেখা যাইত। মনে করুন Z বিন্দু জেনিথের অবস্থান এবং

$Z = \angle XOZ$ = প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব ; (১)

$Z' = \angle S_1OZ$ = আপাত জেনিথ দূরত্ব (apparent)। (২)

অতএব $R = \angle XOS_1 = \angle XOZ - \angle S_1OZ$

= প্রতিসরণের পরিমাণ

অথবা $R = Z - Z'$ (৩)

এখন, $\angle XOZ = \angle SAN = i$, $S_1OZ = r$.

$\therefore \quad Z = i, \quad Z' = r$

মনে করুন μ = প্রতিসরণ সূচক। অতএব

$\sin i = \mu \sin r$

অথবা $\sin Z = \mu \sin Z'$ (৪)

(৩) এবং (৪) হইতে আমরা পাই

$\sin(Z' + R) = \mu \sin Z'$

অথবা $\sin Z' \cos R + \cos Z' \sin R = \mu \sin Z'$

যেহেতু প্রতিসরণের পরিমাণ R-এর মান ক্ষুদ্র, অতএব আমরা $\cos R \approx 1$, $\sin R \approx R$ লিখিতে পারি।

অতএব $\sin Z' + R \cos Z' = \mu \sin Z'$

অথবা $R = (\mu - 1) \tan Z'$ (৫)

যদি R এর মান রেডিয়ান একক হইতে সেকেণ্ড এককে স্থানান্তর করা হয় তাহা হইলে $R = 206265 (\mu - 1) \tan Z'$

এক রেডিয়ান $\equiv 206265''$

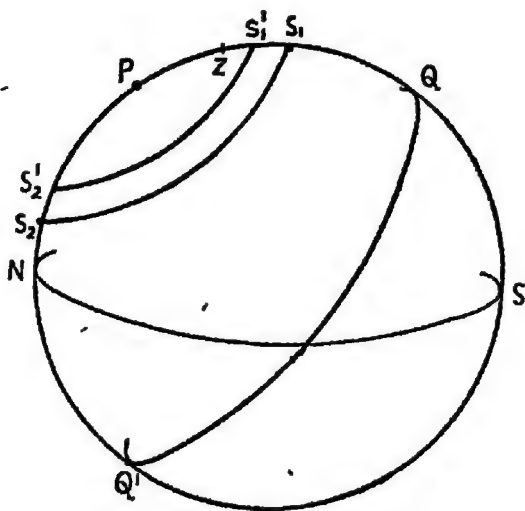
আবার $k = 206265(\mu - 1)$ ধরিয়া আমরা লিখিতে পারি যে

$R = k \tan Z'$ k = প্রতিসরণ সংখ্যা

১৫.৫.২. প্রতিসরণ সংখ্যা k-এর মান নির্ণয় কর

তিন উপায়ে k-এর মান নির্ণয় করা যায়। এই তিনটি উপায় পর-পৃষ্ঠায় বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হইল।

(১) প্রথম উপায়

আমরা একটি ধ্রুবতারাকে বেষ্টনকারী একটি নক্ষত্রের মেরিডিয়ান অবস্থানগুলি লক্ষ্য করিয়া k-এর মান নির্ণয় করিতে পারি। মনে করুন প্রকৃত অবস্থান S_1 এবং S_2-তে উপরিল্লিখিত একটি নক্ষত্র মেরিডিয়ান অতিক্রম করে এবং প্রতিসরণের ফলে আমরা উহাকে যথাক্রমে S_1^1 এবং S^1_2 অবস্থানে লক্ষ্য করিলাম।

মনে করুন Z_1 এবং Z_2, নক্ষত্রটির জেনিথ দূরত্ব। তাহা হইলে

$$Z_1 = ZS_1^1, \quad Z_2 = ZS_2^1$$

কিন্তু নক্ষত্রের প্রকৃত জেনিথ দূরত্ব ZS_1 এবং $Z\ S_2$ হওয়ায় আমরা লিখিতে পারি যে $Z\ S_1 = ZS_1^1 + S_1^1S_1 = Z_1 + k \tan Z_1$

এবং $Z\ S_2 = Z\ S_2^1 + S_2^1S_2 = Z_2 + k \tan Z_2$

মনে করুন ϕ = অক্ষাংশ (উত্তর গোলার্ধে) এবং δ = নক্ষত্রের প্রকৃত নতি। তাহা হইলে $N\ P = \phi$, $P\ Z = 90° - \phi$

$$P\ S_1 = P\ S_2 = 90° - \delta$$

কিন্তু $P\ S_1 = P\ Z + Z\ S_1$

অথবা, $90° - \delta = 90° - \phi + Z_1 + k \tan Z_1$ (৬)

এবং, $P S_2 = ZS_2 - PZ$

অথবা, $90° - \delta = Z_2 + k \tan Z_2 - (90° - \phi)$ (৭)

(৬) এবং (৭) হইতে আমরা পাই

$$180° - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1)$$

$$k = \frac{180° - 2\phi - Z_2 + Z_1}{\tan Z_2 - \tan Z_1} \quad (৮)$$

(২) দ্বিতীয় উপায়

যদি অক্ষাংশ ϕ এর মান না জানা থাকে, তাহা হইলে আমরা দুইটি ধ্রুব বেষ্টনকারী নক্ষত্রের অবস্থান নির্ণয় করিয়া k-এর মান নির্ণয় করিতে পারি। যদি (Z_1, Z_2), (Z_3, Z_4) যথাক্রমে দুইটি নক্ষত্রের আপাত জেনিথ দূরত্ব নির্দেশ করে তাহা হইলে (6), (7) হইতে আমরা লিখিতে পারি যে

$$180° - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1) \quad (৯)$$

এবং $$180° - 2\phi = Z_4 - Z_3 + k (\tan Z_4 - \tan Z_3) \quad (১০)$$

(৯) এবং (১০) হইতে ϕ বর্জন করিয়া আমরা পাই

$$k(\tan Z_2 + \tan Z_3 - \tan Z_1 - \tan Z_4) = Z_4 + Z_1 - Z_2 - Z_3$$

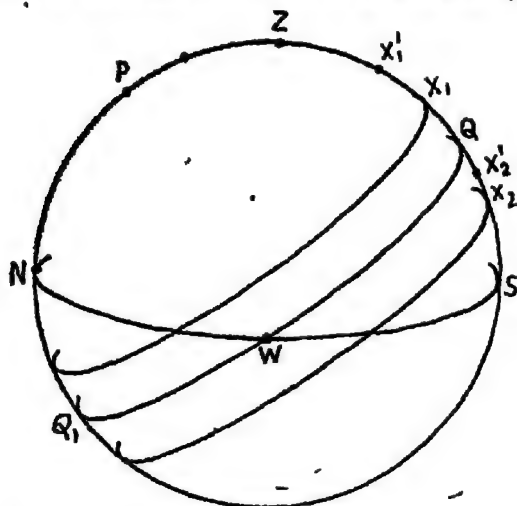
অর্থাৎ $$k = \frac{(Z_4 + Z_1) - (Z_2 + Z_3)}{(\tan Z_2 + \tan Z_3) - (\tan Z_1 + \tan Z_4)} \quad (১১)$$

(৩) তৃতীয় উপায় (Bradley)

এখানে দুইটি নক্ষত্রের পরিবর্তে একটি নক্ষত্রের এবং সূর্যের মেরিডিয়ান উচ্চতা নির্ণয় করা হয়। মনে করুন Z_1 এবং Z_2 একটি ধ্রুব নক্ষত্র বেষ্টনকারী নক্ষত্রের জেনিথ দূরত্ব। তাহা হইলে আমরা জানি যে,

$$180° - 2\phi = Z_2 - Z_1 + k (\tan Z_2 - \tan Z_1) \quad (১২)$$

মনে করুন যে সূর্য যখন গ্রীষ্মকালীন সলিসটিস (Summer Solistice) এবং শীতকালীন সলিস্টিস (Winter Solistice) এ অবস্থান করে তখন দ্বিপ্রহরে X_1 এবং X_2 বিন্দুতে সূর্য প্রকৃতপক্ষে মেরিডিয়ান অতিক্রম করিল।

এখানে $QX_1 = QX_2 = 23°27^1$ মনে করুন ঐ দুই দিনে $X_1{}^1$, $X_2{}^1$ সূর্যের আপাত অবস্থান এবং $Z X_1{}^1$, $Z X_2{}^1$ উহার জেনিথ দূরত্ব। যদি

এই দুই জেনিথ দূরত্বের মান S_1 এবং S_2 হয় তাহা হইলে

$$\left.\begin{array}{l} Z X_1 = Z X_1{}^1 + X_1{}^1 X_1 = S_1 + k \tan S_1 \\ \text{এবং } Z X_2 = Z X_2{}^1 + X_2{}^1 X_2 = S_2 + k \tan S_2 \end{array}\right\} \quad (১৩)$$

$$\left.\begin{array}{l} \text{কিন্তু } Z X_1 = Z Q - X_1 Q = \phi - 23°27' \\ Z X_2 = Z Q + X_2 Q = \phi + 23°27' \end{array}\right\} \quad (১৪)$$

(১৩) এবং (১৪) হইতে আমরা পাই

$$2\phi = S_1 + S_2 + k\ (\tan S_1 + \tan S_2) \quad (১৫)$$

অতএব (9) এবং (15) নং সমীকরণ দুইটি হইতে আমরা পাই

$$180° = S_1 + S_2 + Z_2 - Z_1 + k\ (\tan S_1 + \tan S_2 + \tan Z_2 - \tan Z_1)$$

অথবা

$$k = \frac{180° - (S_1 + S_2 + Z_2 - Z_1)}{\tan S_1 + \tan S_2 + \tan Z_2 + \tan Z_1} \quad (১৬)$$

অথবা (১৬) হইতে আমরা k-এর মান নির্ণয় করিতে পারি।

১৫.৫ ৩. প্রতিসরণের ফল

(1) একটি জ্যোতিষ্কের এযিমাথ (azimuth) এবং একটি খাড়া মহাবৃত্তকে অতিক্রম করিবার সময় প্রতিসরণ দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না।

প্রতিসরণের নিয়মানুসারে একটি রশ্মি এবং ইহার প্রতিসরণ বিম্ব একই সমতলে অবস্থান করে বলিয়া একটি জ্যোতিক একই খাড়া (vertical) মহাবৃত্তের উপর জেনিথের দিকে সরিয়া যায়। ফলে প্রতিসরণের কোন প্রভাব জ্যোতিকের এযিমাথ এবং অতিক্রম করার সময়ের উপর অনুভূত হয় না।

(ii) প্রতিসরণের ফলে সূর্য এবং চন্দ্র যখন দিগন্তরেখার নিকটে থাকে (উদয়াস্তের সময়) তখন তাহাদিগকে অপেক্ষাকৃত চ্যাপ্টা (flater) দেখায়। দিগন্তরেখার নিকটে প্রতিসরণের পরিমাণ 34' এবং যে জ্যোতিকের জেনিথ দূরত্ব 90° অপেক্ষা কম তাহার প্রতিসরণের পরিমাণ 34' অপেক্ষা কম। ইহার ফলে সূর্যের দিগন্তরেখায় অবস্থান কালে ইহার নীচের অংশকে উপরের অংশ অপেক্ষা একটু বেশী জেনিথের দিকে সরিয়া আসিতে দেখা যায়। কিন্তু প্রতিসরণের ফলে দিগন্ত বরাবর সূর্যের ব্যাসের কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু উপরোক্ত কারণে খাড়া ব্যাসটি প্রায় 5' কমিয়া যায়। ইহার ফলে সূর্য বা চন্দ্রকে কিছুটা চ্যাপ্টা দেখায়।

(iii) প্রতিসরণের জন্য সূর্য বা চন্দ্রকে অপেক্ষাকৃত দ্রুত উদয় হইতে এবং অপেক্ষাকৃত ধীরে অস্ত যাইতে দেখা যায়।

ইহার কারণ এই যে সূর্য যখন প্রকৃত পক্ষে দিগন্তরেখার 34' নীচে থাকে তখনই আমরা সূর্যকে উদয় হইতে দেখি। যেহেতু সূর্যের ব্যাসার্ধ পৃথিবীতে 16' কোণ উৎপন্ন করে, অতএব সূর্যের কেন্দ্র $34'+16'=50'$ মিনিট দিগন্তের নীচে থাকিবার সময় আমরা সূর্যোদয় বা সূর্যাস্ত দেখি। সুতরাং সূর্যাস্ত বা সূর্যোদয়ের সময় সূর্যের জেনিথ দূরত্ব$=90°50'$ এবং সূর্যোদয় এবং সূর্যাস্ত প্রায় $3\frac{1}{3}$ মিনিটে পূর্বে এবং পরে ঘটিয়া থাকে।

(iv) (a) সমুদ্রবক্ষে দিগন্তরেখার দূরত্ব এবং "ডিপ" (Dip) মনে করুন C পৃথিবীর-কেন্দ্র এবং O_1 পর্যবেক্ষণকারীর ভূ-পৃষ্ঠে h উচ্চতায়

অবস্থান। পর্যবেক্ষণকারীর দৃশ্যমান দিগন্তরেখা AA_1 দ্বারা নির্দেশ করা হইল।

O_1CA ত্রিভুজ হইতে আমরা পাই

$$(O_1A)^2 = \left(R + \frac{h}{5280}\right)^2 - R^2$$

$$= \frac{2Rh}{5280} + \left(\frac{h}{5280}\right)^2$$

যেহেতু h-এর মান ক্ষুদ্র, অতএব $\left(\frac{h}{5280}\right)^2$ বাদ দিয়া আমরা পাই

$$(O_1A)^2 = \frac{2Rh}{5280}$$

$$\therefore O_1A = \sqrt{\frac{7920}{5280}h} \qquad (\because R = 3960 \text{ মাইল})$$

$$= \sqrt{\frac{3}{2}h} \text{ মাইল}$$

অতএব সমুদ্র-পৃষ্ঠে দিগন্তরেখার দূরত্ব

$$= \sqrt{\frac{8}{2} h} \text{ মাইল।}$$

প্রকৃত দিগন্তরেখা O_1H-এর সহিত O_1A যে কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে "ডিপ্" (dip) বলে

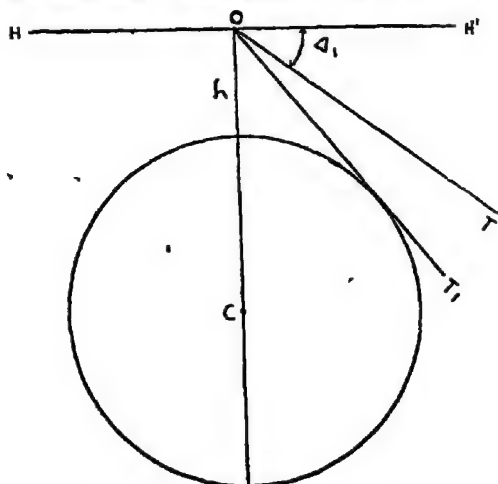
এখানে ডিপ্ $= \Delta = \angle HO_1A$.

$$= \angle ACO_1 = \frac{O_1A}{CA} \text{ (আসন্ন মান)}$$

$$= \frac{\sqrt{\frac{3}{2}h}}{3960} \text{ রেডিয়ান}$$

$$= \frac{3438}{3960} \times \sqrt{\frac{3}{2}} \times \sqrt{h} \text{ মিনিট}$$

$$= \sqrt{h} \text{ (প্রায়) } (\because 1 \text{ রেডিয়ান} = 3438')$$

(b) প্রতিসরণের জন্য সমুদ্র-পৃষ্ঠে দিগন্তরেখার দূরত্ব বৃদ্ধি পায় এবং ডিপের মান কমিয়া যায়। মনে করুন h উচ্চতায় অবস্থিত O বিন্দু

হইতে ভূ-পৃষ্ঠের উপর OT_1 স্পর্শক অঙ্কন করা হইল। প্রতিসরণের জন্য T_1 হইতে রশ্মি বায়ুমণ্ডলের স্তর ভেদ করিয়া বক্র পথে আসিয়া

O বিন্দুতে মিলিত হয়। ইহার ফলে OT_1-কে OT-এর দিকে প্রতীয়মান হয়। সুতরাং OT_1 বৃদ্ধি পাইয়া OT এবং $\triangle$ কমিয়া যাইয়া $\triangle_1$-এ পরিণত হয়।

(v) প্রতিসরণের জন্য চন্দ্রকে চন্দ্রগ্রহণের সময় লোহিত বর্ণাকার দেখায়। ইহার কারণ এই যে চন্দ্রগ্রহণের সময় পৃথিবী চন্দ্র এবং সূর্যের মধ্যে আসিয়া পড়ে এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর উপর পতিত রশ্মিসমূহের কতকাংশ বাঁকিয়া চন্দ্র-পৃষ্ঠে পতিত হয়। লোহিত বর্ণের রশ্মিগুলি অত্যধিক প্রবেশ ক্ষমতার অধিকারী হওয়ায় চন্দ্রকে লোহিত বর্ণাকার দেখায়।

উদাহরণ ১৩। একটি নক্ষত্রের উচ্চতা 50°-তে দেখা গেলে ইহার প্রকৃত উচ্চতা কত হইবে ($k = 58''.2$)?

মনে করুন প্রকৃত উচ্চতা $= a$

অতএব জেনিথ দূরত্ব (দৃশ্যতঃ) $= 90° - 50° = 40°$

যদি R'' = প্রতিসরণের পরিমাণ হয়, তাহা হইলে

$$R = 58''.2 \tan 40°$$
$$= 48''.83$$

অতএব প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব $= 40° \; 48''.83$.

প্রকৃত উচ্চতা $a = 90° - 40°48''.83$
$= 49°59'11''\,17.$

উদাহরণ ১৪। 53°23′13″ উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের উচ্চ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় জেনিথ্ দূরত্ব যথাক্রমে 8°48′37″ এবং 64°22′47″ দেখা গেল। প্রতিসরণ সংখ্যা k-এর মান নির্ণয় করুন।

প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্বদ্বয় $= 8°48'37'' + k \tan(8°48'37'')$
এবং $64°22'47'' + k \tan(64°22'47'')$

যোগ করিয়া আমরা পাই

$$2(90° - 53°23'13'') = 73°11'24'' + k(0{\cdot}155 + 2.085)$$

$$\text{অথবা} \quad k = \frac{73°13'34'' - 73°11'24''}{2\,240}$$

$$= \frac{2'10''}{2\,240} = 58''.0$$

নির্ণেয় $k = 58''$.

উদাহরণ ১৫। উত্তব অক্ষাংশস্থিত কোন এক স্থানেব মান মন্দিবে (observatory) একটি নক্ষত্রেব উচ্চ এবং নিম্ন মেবিডিযান অতিক্রম কালেব জেনিথ্‌ দূবত্ব যথাক্রমে $7°22'11''.89$ এবং $69°37'47''.13$ দেখা গেল। যদি নক্ষত্রটি জেনিথেব উত্তব পার্শ্বে মেরিডিযান অতিক্রম কবিযা থাকে তাহা হইলে নক্ষত্রটিব নতি এবং ঐ স্থানেব অক্ষাংশ নির্ণয় করুন ($k = 58''\,2$)।

মনে করুন ϕ এবং δ যথাক্রমে ঐ স্থানেব অক্ষাংশ এবং নতি। প্রকৃত জেনিথ্‌ দূবত্বদ্বয যথাক্রমে

$7°22'11''.89 + 58''.2 \tan\ (7°22'11''.89)$ এবং

$69°37'47''.13 + 58''\,2\ \tan\ (69°37'47\,13)$।

উভযকে যোগ কবিযা আমবা পাই

$$180 - 2\phi = 76°59'59.02 + 58''.2\ (.1294 + 2\,6933)$$

$$= 76°59'59''\,02 + 164''\,3$$

$$= 77°2'43''\,32$$

$$\phi = \frac{180° - 77°2'43''\,32}{2} = 51°28'38''.34$$

এবং $\delta - \varphi = 7°22'11''\,89 + 58''\,2 \times {}^{\circ}1294$

$= 7°22'19''.42$

$\delta = 7°22'\,19''.42 + 51°28'38''.34$

$= 58°50'5'57''\,76$ ।

প্রশ্নমালা—১৩

১। একটি নক্ষত্রেব দৃশ্যমান জেনিথ্‌ দূরত্ব $60°$ এবং $k = 58''{\cdot}2$ হইলে প্রকৃত জেনিথ্‌ দূবত্ব কত হইবে?

২। একটি নক্ষত্রের অক্ষাংশ 36° এবং $k=58''\cdot2$ হইলে প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব কত হইবে?

৩। 60° উত্তর অক্ষাংশে একটি নক্ষত্রের জেনিথ্ দূরত্বদ্বয় যথাক্রমে 3°19′57″ এবং 63°18′4″ হইলে k-এর মান নির্ণয় করুন।

৪। উচ্চ এবং নিম্ন মেরিডিয়ান অতিক্রম করিবার সময় একটি নক্ষত্রের জেনিথ্ দূরত্ব যথাক্রমে 75°3′13″ এবং 1°53′19″ (দঃ)-তে দেখা গেল। এই দুই ক্ষেত্রে k-এর মান যথাক্রমে 3′42″ এবং 1″·9 হইয়া থাকিলে স্থানীয় অক্ষাংশ এবং নক্ষত্রের নতি নির্ণয় করুন।

৫। একটি নক্ষত্রের উচ্চতা যথাক্রমে 20° এবং 30° এবং k-এর জন্য ভ্রান্তির পরিমাণ যথাক্রমে 1′40″ এবং 1·9″ হইয়া থাকিলে স্থানীয় অক্ষাংশের মান নির্ণয় করুন।

৬। একটি নক্ষত্রের নতি 67°24′ এবং স্থানীয় অক্ষাংশ=52°1 মেরিডিয়ানকে দুইবার অতিক্রম করিবার সময় উহার অক্ষাংশ যথাক্রমে 75°25′ এবং 30°34′ হইয়া থাকিলে k-এর মান কত হইবে?

৭। উত্তর অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানে একটি নক্ষত্রের দুইবার মেরিডি-য়ান অতিক্রম করিবার সময় জেনিথ্ দূরত্ব যদি 20°33′44″ এবং 60°17′46″ হইয়া থাকে তাহা হইলে নক্ষত্রের নতি এবং স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন ($k=58''.2$)।

৮। k-এর একই মান লইয়া এবং একটি নক্ষত্রের মেরিডিয়ান উচ্চতার মান 45° এবং 60° হইতে স্থানীয় অক্ষাংশ এবং নক্ষত্রের নতি নির্ণয় করুন।

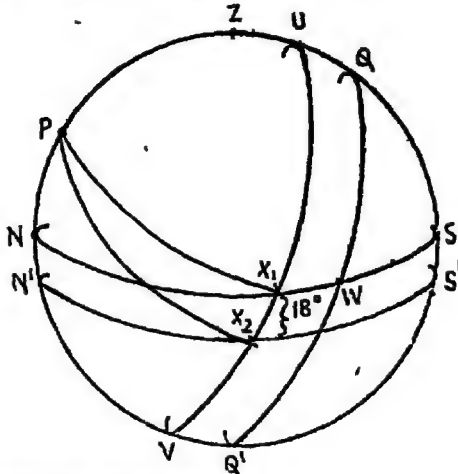
৯। Bradley-এর নিয়মে k এর মান নির্ণয় করুন। এই নিয়মের সুবিধা এবং অসুবিধা কি তাহা উল্লেখ করুন।

১০। দিগন্ত রেখার নিকটে অবস্থানকালে চন্দ্র-সূর্যের বিকৃত আকৃতির কারণ বিশ্লেষণ করুন।

১১। $k=58\,2''$ লইয়া যে নক্ষত্রের দৃশ্যতঃ জেনিথ দূরত্বের cosine $\frac{4}{5}$ তাহার প্রকৃত জেনিথ্ দূরত্ব কত?

১৫.৬. গোধূলি (Twilight) সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫.৬.১. গোধূলি এবং ভোর (Twilight and dawn)

আমবা জানি যে সূর্যোদযেব পূর্বে এবং সূর্যাস্তেব পব কিছুক্ষণেব জন্য ভূপৃষ্ঠে অল্প আলো পাওযা যাব। সকাল বেলাব এই সময়কে আমবা "ভোব" (dawn) এবং সন্ধ্যা ঘনীভূত হওযাব পূর্বেকাব এই সময়কে আমবা "গোধূলি" লগ্ন (Twilight) বলিযা থাকি। সূর্য হইতে আলো আকাশেব বাযুমণ্ডলে অবস্থিত ধূলিকণা এবং জলকণা হইতে প্রতিফলিত (reflected), প্রতিসবিত (refracted) এবং বিস্তৃত (scattered) অবস্থায ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হইযা আধো-আলো আধো আঁধাবেব সৃষ্টি কবে। জ্যোতির্বিদ্যাব ভাষায ইহাকে গোধূলি (Twilight) বলা হয। লক্ষ্য কবিযা দেখা গিযাছে যে, সূর্যোদযেব পূর্বে অথবা সূর্যাস্তেব পর যখন সূর্যের কেন্দ্র খাড়াভাবে দিগন্তবেখাব 18° নীচে থাকে তখনই Twilight বা গোধূলিব আবম্ভ বা শেষ হয।

১৫.৬.২. গোধূলির স্থাযীকাল (duration)

মনে করুন N P Z S কোন স্থানেব আকাশে মেরিডিয়ান বৃত্ত এবং NS দিগন্ত বেখা। মনে করুন UX_1X_2V সূর্যেব কোন একদিনেব

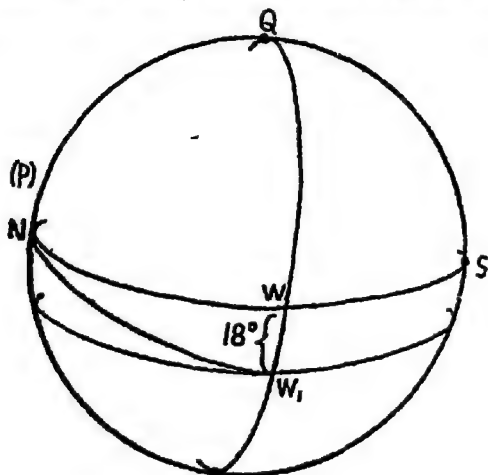
ভ্রমণ পথ (diurnal path) এবং X_1, হইতে X_2 পর্যন্ত পথ আসিতে গোধূলির সময় অতিবাহিত হয়। সূর্য যখন দিগন্ত রেখার 18° নীচে নামিয়া আসে তখন গোধূলি শেষ হয়।

$h_1 = \angle X_1PU$, $h_2 = \angle X_2PU$ ধরিয়া গোধূলির

$$\text{স্থায়ীকাল} = \angle X_1PX_2$$
$$= \angle X_2PU - \angle X_1PU$$
$$= h_2 - h_1 \quad = \frac{1}{15}(h_2 - h_1) \text{ ঘণ্টা।}$$

যেহেতু $h_2 - h_1$-এর মান স্থানীয় অক্ষাংশ এবং সূর্যের 'নতি'-র উপর নির্ভর করিবে।

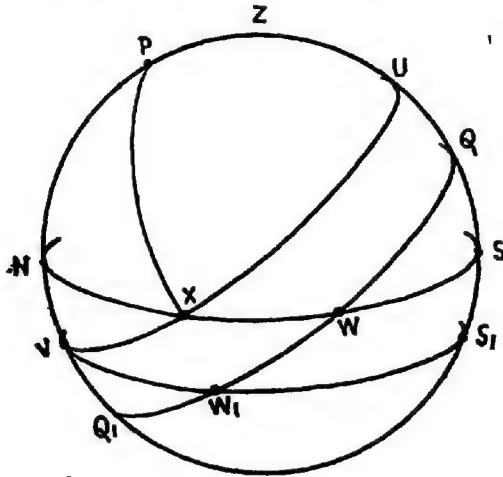
১৫.৬.৩. বিষুবরেখার উপর যে-কোন স্থানে ($\phi = 0°$) মহাবিষুব ($\delta = 0$) অথবা জল বিষুবে ($\delta = 0$) সূর্য অবস্থান কালে গোধূলির স্থায়ীকাল

বিষুবরেখার উপর $\phi = 0$ সূর্য যখন ইকুইনক্সে অবস্থান করে তখন $\delta = 0$, অতএব সূর্যের দৈনিক ভ্রমণ পথ দিগন্তরেখাকে লম্বভাবে ছেদ

করিবে। মনে করুন সূর্য W হইতে W_1 পর্যন্ত ভ্রমণ করিতে যে সময় অতিবাহিত হয় সেই সময় গোধূলির সময়ের সমান। যদি

$\angle NWW_1$ কে আমরা ঘণ্টায় পরিণত করি তাহা হইলে আমরা গোধূলির সময় পাইব। কিন্তু সূর্য 24 ঘণ্টায় একবার মহাবিষুব বৃত্তকে প্রদক্ষিণ করে। অতএব 18° পথ প্রদক্ষিণ করিতে ইহার

$$\frac{24}{360^\circ}\times 18^\circ = 1 \text{ ঘণ্টা } 12 \text{ মিনিট সময় লাগিবে।}$$

১৫.৬.৪. সারারাত্রি গোধূলি-কাল স্থায়ী হইবার শর্ত

মনে করুন স্থানীয় অক্ষাংশ এবং δ=সূর্যের নতি। মনে করুন N P Z S, N W S এবং QWQ^1 যথাক্রমে স্থানীয় মেরিডিয়ান,

দিগন্তবৃত্ত এবং মহাবিষুব বৃত্ত। P. N. W প্রভৃতির স্বকীয় তাৎপর্য পূর্বের ন্যায় গ্রহণ করিতে হইবে। দিগন্তরেখা হইতে 18° নীচে এবং ইহার সমান্তরাল করিয়া V W_1 S_1 বৃত্ত অংকন করা হইল। মনে করুন U X V সূর্যের ঐ দিনকার ভ্রমণপথ এবং U মধ্যাহ্ন এবং V মধ্যরাত্রির অবস্থান। যেহেতু V বিন্দুটি মেরিডিয়ান, V W_1 S_1 এবং U X V এর সাধারণ বিন্দু, অতএব যদি সারারাত্রি গোধূলি স্থায়ী হয় তাহা হইলে গোধূলি শেষ হইবার সাথে সাথেই ভোর আরম্ভ হওয়া প্রয়োজন। সুতরাং মধ্যরাত্রিতে সূর্যের অবস্থান V বিন্দু অথবা উহার

উপরে হওয়া প্রয়োজন। অতএব সারারাত্রি গোধূলির স্থায়িত্বের জন্য

$$NV \leqslant 18^\circ$$

অথবা, $PV - PN \geqq 18^\circ$

অথবা, $90^\circ - \delta - \phi \leqslant 18^\circ$

অথবা, $72^\circ \leqslant \delta + \phi$.

১৫.৬.৫. গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী হইবার সর্বনিম্ন স্থানীয় অক্ষাংশ

আমরা পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে দেখিয়াছি যে সারারাত্রি গোধূলি স্থায়ী থাকিতে হইলে $\phi + \delta \geqslant 72^\circ$

শর্তটি পালিত হওয়া প্রয়োজন। এখন উত্তর গোলার্ধে সূর্যের নতি δ-এর সর্বাধিক মান $= 23^\circ 27'$ অতএব

$$\phi \geqslant 72^\circ - 23^\circ 27',$$

অথবা $\phi \geqslant 48^\circ 33'$,

হইলে ঐ স্থানে জুন মাসের 22 তারিখে সারারাত্রি গোধূলি স্থায়ী হইবে।

যেখানকার স্থানীয় অক্ষাংশ $48^\circ 33'$-এর অধিক সেই সমস্ত স্থানে কয়েক রাত্রি ধরিয়া গোধূলী সারারাত্রি স্থায়ী থাকিবে। অর্থাৎ স্থানীয় অক্ষাংশ $\phi > 48^\circ 33'$ হইলে, যেদিন সূর্যের নতি $72^\circ - \phi$ হইবে সেই দিন হইতে আরম্ভ করিয়া পুনরায় সূর্যের নতি $72^\circ - \phi$ না হওয়া পর্যন্ত গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী থাকিবে।

১৫.৬.৬ গোলক ত্রিকোণমিতির (Spherical Trigonometry) সাহায্যে বৎসরের যে-কোন দিনে ϕ-স্থানীয় অক্ষাংশে গোধূলির স্থায়ী কাল নির্ণয় করা যায়

মনে করুন যে-কোন দিনে সূর্যের নতি $= \delta$. মনে করুন ZX_1 এবং ZX_2 যথাক্রমে ভোর আরম্ভ এবং শেষ হইবার সময়ের জেনিথ দূরত্ব।

ভোরের স্থায়ীকাল $= \dfrac{\angle X_1 P X_2}{15}$ ঘণ্টা।

এখন গোলকের উপর অঙ্কিত ত্রিভুজ ZPX_1-এর

$$PZ = 90^\circ - \phi, \quad PX_1 = 90^\circ - \delta.$$

এবং $ZX_1 = 90^\circ + 18^\circ$

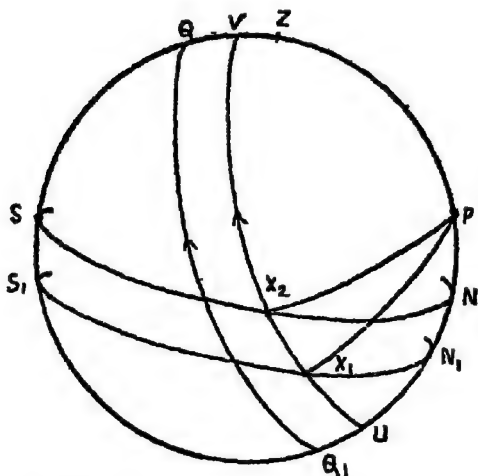
$$\angle ZPX_1 = h_1$$

অতএব $\cos(90^\circ+18^\circ)=\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos h_1$ (১)

তেমনি ত্রিভুজ ZPX_2 হইতে $PZ=90^\circ-\phi$, $PX_2=90^\circ-\delta$,

$ZX_2=90^\circ$ $\angle ZPX_2=h_2$

অতএব $\cos 90^\circ=\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos h_2$ (২)

(১) হইতে আমরা পাই

$$\cos h_1=\frac{-\sin 18^\circ-\sin\phi\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta}$$

এবং (২) হইতে আমরা পাই

$$\cos h_2=-\tan\phi\tan\delta$$

অতএব $h_1-h_2=\cos^{-1}\left[-\frac{\sin 18^\circ+\sin\phi\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta}\right]-\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta)$.

সুতরাং ভোর বেলার স্থায়ীকাল

$$=\frac{1}{15}(h_1-h_2)=\frac{1}{15}\left\{\cos^{-1}\left[-\frac{\sin 18^\circ+\sin\phi\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta}\right]-\cos^{-1}[-\tan\phi\tan\delta]\right\}$$

বিষুব অঞ্চলে $\phi=0$

অতএব $h_1=\cos^{-1}\left(-\frac{\sin 18^\circ}{\cos\delta}\right)$ এবং

$$h_2=\cos^{-1}(o)=90^\circ$$

যখন $\delta=0^\circ$ তখন $h_1=108^\circ$

$$\therefore \quad h_1-h_2=18^\circ$$

অতএব স্থায়ীকাল $=\frac{18}{15}$ ঘণ্টা $=1$ ঘণ্টা 12 মিনিট। মেরু বিন্দুতে $\phi=90^\circ$ এবং বিষুব বৃত্ত দিগন্তের সহিত মিশিয়া যায় এবং সূর্যের দৈনিক পথ দিগন্তের সহিত সমান্তরাল হইয়া থাকে এবং সূর্য ছয়মাস দিগন্তরেখার উপরে এবং ৬ মাস দিগন্তরেখার নীচে থাকে। এই অঞ্চলে গোধূলি প্রায় $4\frac{1}{2}$ মাসকাল স্থায়ী হয়। অতএব প্রকৃত রাত্রি প্রায় $1\frac{1}{2}$ মাস কাল স্থায়ী থাকে।

উদাহরণ ১৬। কোন একদিনে সূর্যের নতির পরিমাণ $+15^\circ$, যদি গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী থাকে তাহা হইলে সর্ব নিম্ন স্থানীয় অক্ষাংশ নির্ণয় করুন।

এখানে মনে করুন স্থানীয় অক্ষাংশ $=\phi$

গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী হইতে হইলে

$$\phi+\delta \geq 72^\circ$$

সর্বনিম্ন অক্ষাংশ $=\phi=72-\delta=72^\circ-15^\circ=57^\circ$.

প্রশ্নমালা—১৪

১। $54^\circ 0'$ উঃ অক্ষাংশস্থিত কোন স্থানের সূর্যের কত নিম্ন নতিতে গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী হইবে?

২। সূর্যের নতি $15^\circ\ 16'$ হইলে সর্বনিম্ন স্থানীয় অক্ষাংশে গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী হইবে?

৩। মস্কো, কার্তিক হেলসিঙ্কি প্রভৃতি স্থানের স্থানীয় অক্ষাংশ যথাক্রমে 55°40′N, 51°N, 60°20′N হইলে সূর্যের সর্বনিম্ন কত "নতিতে" গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী হইবে?

৪। কোন্ কোন্ স্থানে সূর্যের 18° এবং 10° নতিতে গোধূলি ঠিক 12 ঘণ্টাকাল স্থায়ী হইবে?

৫। "গোধূলি" সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত একটি বিবরণ লিখ। কেন গোধূলির স্থায়ীকাল বৎসরের বিভিন্ন সময়ে পরিবর্তন হয়? সর্বনিম্ন কোন্ স্থানীয় অক্ষাংশে গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী হইবে?

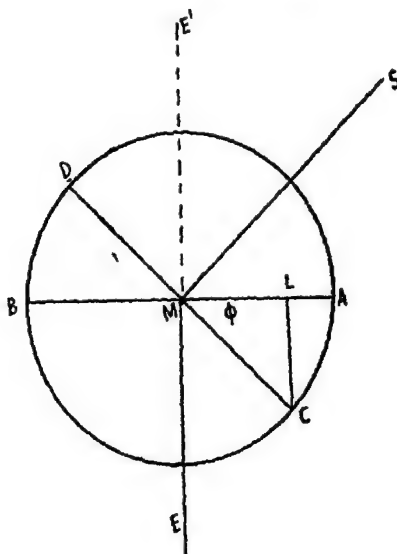
৬। "গোধূলি" কি কারণে সংঘটিত হয়? Paris ($\phi=48°50'$) শহরে কি কখনও গোধূলি সারারাত্রি স্থায়ী হইবে? কারণ বর্ণনা করিয়া উত্তর দিন। প্রমাণ করুন যে গোধূলির স্থায়ীকাল স্থানীয় অক্ষাংশ ϕ এবং সূর্যের নতির উপর নির্ভর করে।

৭। একই স্থানে বৎসরের বিভিন্ন সময়ে কেন গোধূলির স্থায়ী কালের তারতম্য ঘটে? ঢাকা শহরে কি গোধূলি-সারারাত্রি বিরাজ করিতে পারে? কারণ দর্শাইয়া উত্তর লিখুন।

১৫৭. চন্দ্র সম্বন্ধে আরও কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫৭১ কৌণিক ব্যবধান (Elongation)

পৃথিবী হইতে চন্দ্র এবং সূর্যের মধ্যে যে কৌণিক ব্যবধান দেখা যায় তাহাকে Elongation বলে। চন্দ্র এবং সূর্যের পরস্পর আপেক্ষিক অবস্থানের জন্য Elongation-এর পরিমাণ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায় বা হ্রাস পায়। ইহার ফলে চন্দ্রের "কলা বৃদ্ধি" (phase) পরিলক্ষিত হয়। সূর্যের আলো চন্দ্রের উপর পতিত হওয়ার ফলে সর্বদাই চন্দ্রের অর্ধেক অংশ আলোকিত থাকে। কিন্তু আমরা পৃথিবী হইতে এই আলোকিত অংশের সবটুকু দেখিতে পাই না। যেটুকু আমরা দেখি সেটুকুর পরিমাণ চন্দ্রের Elongation-এর উপর নির্ভর করে।

মনে করুন M চন্দ্রের কেন্দ্র MS সূর্যের দিকে অঙ্কিত সরলরেখা. E′ M E পৃথিবীর দিকে অঙ্কিত সরলরেখা। মনে করুন A M B E′ E-এর উপর এবং C D, M S এর উপর অঙ্কিত লম্ব বৃত্ত।

A M B কর্তৃক কর্তিত অংশ A C B পৃথিবীর দিকে এবং C M D কর্তৃক কর্তিত অংশ সূর্যের দিকে অবস্থিত। অতএব আলোকিত অংশটুকু A C আমরা পৃথিবী হইতে দেখিতে পাইব। এখন

$$\angle A M C = \angle E' M S = 180^\circ - \angle E M S$$

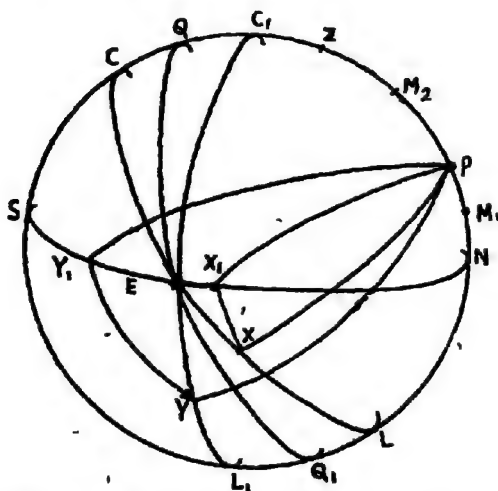
সুতরাং $\phi = 180^\circ -$ Elongation.

এখন আমরা চন্দ্র-পৃষ্ঠের যে অংশটুকু আলোকিত দেখিব তাহার পরিমাণ A L সুতরাং

$$A L = A M - L M = r\,(1 - \text{Cos}\ A M C)$$

$$\therefore\ A L = r\,(1 - \text{Cos}\ \varphi)$$

১৫.৭.২ হারভেস্ট মুন (Harvest moon)

চন্দ্র প্রতিদিন প্রায় 50.47 মিনিট পর উদয় হয় এবং অস্ত যায়। চন্দ্রের এই ধীর গতি (Retardation) স্থানীয় অক্ষাংশ এবং চন্দ্রের নতি (declination)-এর উপর নির্ভর করে। চন্দ্রের সর্বাধিক নতির পরিমাণ 28°36′ হওয়ায় সর্ব নিম্ন 61°24′ অক্ষাংশে চন্দ্র ধ্রুব নক্ষত্র বেষ্টনকারী জ্যোতিষ্কের অবস্থা ধারণ করে। সেপ্টেম্বর মাসের 23 তারিখের (autumnal equinox) কাছাকাছি সময় যে পূর্ণিমা পাওয়া যায় (full moon) তাহাকে Harvest moon বলে। উত্তর গোলার্ধে এই সময় চন্দ্রের "ধীর গতি" (Retardation)-এর পরিমাণ কম হয় অর্থাৎ পূর্ণিমার পর পর কয়েক রাত্রি ধরিয়া চন্দ্র অপেক্ষাকৃত তাড়াতাড়ি উদয় হয় এবং নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে এই সময় কৃষকেরা কয়েক-রাত্রি যাবৎ মাঠে কাজ করিতে পারে। সূর্য যখন autumn equinox-এ থাকে তখন পূর্ণিমার রাত্রিতে চন্দ্র vernale quinox-এ অবস্থান করে এবং সূর্যাস্তের সময় পূর্ব বিন্দুতে উদয় হয়।

মনে করুন এক্লিপটিককে চন্দ্রের কক্ষপথ কল্পনা করিলাম। দিগন্ত-রেখার সহিত এক্লিপটিকের কৌণিক ব্যবধান $90° - \varphi - 23°27'$ হইতে

$90° + \varphi + 23°27'$ পর্যন্ত হইতে পারে। যখন γ (vernal equinox) পূর্ববিন্দু E-তে উদয় হয় তখন এই কৌণিক ব্যবধান সর্বাপেক্ষা কম। আহ্নিকগতির ফলে 24 ঘণ্টা পরে γ আবার E বিন্দুতে ফিরিয়া আসে কিন্তু চন্দ্র 50.47′ মিনিট পরে উদয় হয়। অতএব এই সময় চন্দ্র X বিন্দুতে অবস্থান করিবে, যেন $EX = \frac{50{\cdot}47}{4}$ (ডিগ্রী)। মনে করুন Q EQ′-এর সমান্তরাল করিয়া XX_1 অঙ্কন করা হইল। তাহা হইলে পূর্ণিমার পরদিন সন্ধ্যায় চন্দ্র X_1 বিন্দুতে উদয় হইবে এবং এই অবস্থানে পূর্বদিন অপেক্ষা $\frac{\angle XPX_1}{15}$ ঘণ্টা পরে চন্দ্রোদয় হইবে।

আবার, যদি সূর্য γ বিন্দুতে থাকিবার সময় পূর্ণিমা হয় তাহা হইলে পূর্ণিমার পরদিন $\frac{\angle YPY_1}{15}$ ঘণ্টা পরে চন্দ্রোদয় হইবে।

এখানে $\frac{\angle YPY_1}{15} > \frac{\angle XPX_1}{15}$ হওয়ায় পূর্ববর্তী অবস্থান চন্দ্রোদয় দ্রুততর হইবে।

এখন চন্দ্রের কক্ষপথকে এক্লিপটিকের বরাবর না ধরিলে, যদি আপন কক্ষপথের সহিত এক্লিপটিকের ছেদ বিন্দু হইতে উপরের দিকে চলিবার সময় পূর্ণিমার সময় হয় তাহা হইলে চন্দ্রের কক্ষপথ দিগন্তরেখার আরও নিকটে থাকিবে এবং $\frac{\angle XPX_1}{15}$ এর মান আরও কম হইবে।

১৫·৮. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণ সম্বন্ধে আরও কতকগুলি জ্ঞাতব্য বিষয়

১৫·৮ ১. কখন চন্দ্রগ্রহণ ঘটিয়া থাকে ?

মনে করুন S এবং E যথাক্রমে সূর্য এবং পৃথিবীর কেন্দ্র, M, চন্দ্রের কেন্দ্র এবং চন্দ্রের পরিসীমার উচ্চতম অংশ BT রেখার সহিত কেবলমাত্র স্পর্শ করিয়াছে। এই সময় চন্দ্র পৃথিবীর ঘন ছায়ায় (Umbra) প্রবেশ করিতেছে এবং চন্দ্রগ্রহণ আরম্ভ হইতেছে।

এখন $\angle TEU = \angle ETB - \angle EOB$

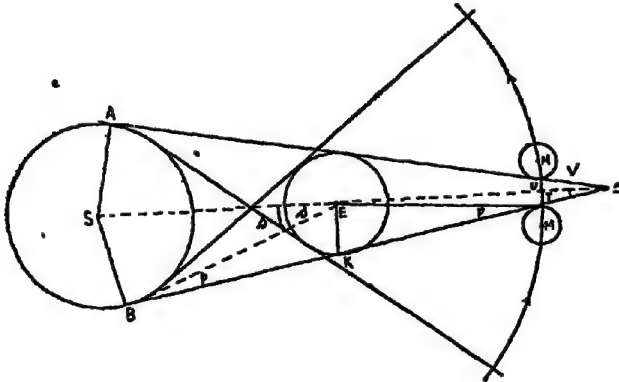
$$= \angle ETB - \angle SEB + \angle EBT.$$

কিন্তু $\angle ETB$ = চন্দ্রের উদয়কালীন ভ্রান্তি $= p$

$\angle EBT$ = সূর্যের উদয়কালীন ভ্রান্তি $= P$

এবং $\angle SEB$ = সূর্যের কৌণিক ব্যাসার্ধ $= S$

$\therefore \quad \angle TEU = p + P - S$

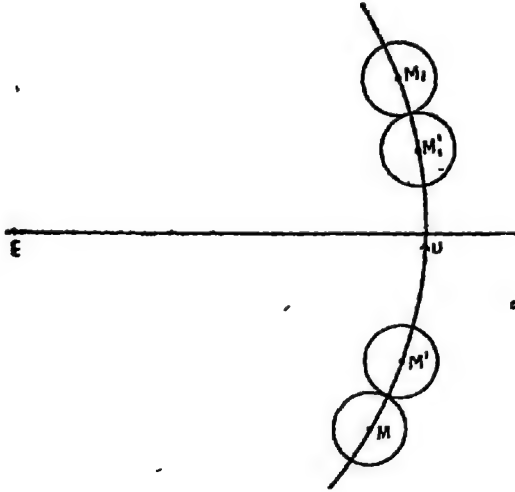
অথবা $\alpha = p + P - S, \quad \alpha = \angle TEU \qquad (১)$

যখন চন্দ্রের পরিসীমার উচ্চতম অংশ T বিন্দুতে স্পর্শ করে তখন হইতে চন্দ্রগ্রহণ আরম্ভ হয়, কেননা এই সময় চন্দ্র পৃথিবীর ঘনছায়া কোণের (Umbra) ভিতর প্রবেশ করিতেছে। এই সময় $\angle MEU = \angle MET + \angle TEU$; কিন্তু $\angle MET$ = চন্দ্রের কৌণিক ব্যাসার্ধ $= m$ অতএব

$$\angle MEU = \alpha + m = p + P - S + m \qquad (২)$$

পূর্ণভাবে চন্দ্রগ্রহণ হইবার সময় চন্দ্রের কেন্দ্র M′ বিন্দুতে আসে (নিম্নের চিত্র দেখুন)। ঘনছায়া কোণের অক্ষরেখা (axis) হইতে M′ এর কৌণিক দূরত্ব $\angle M'EU$ এবং

$$\angle M'EU = \angle TEU - \angle TEM' = \alpha - m$$

$$= p + P - S - m \qquad (৩)$$

যখন চন্দ্রের কেন্দ্র M_1' বিন্দুতে আসে তখন পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণ শেষ হইতে থাকে। এই সময় M_1'-এর কৌণিক দূরত্ব $p+P-S-m$. অবশেষে

আংশিক চন্দ্রগ্রহণ শেষ হইবার কালে চন্দ্রের কেন্দ্র M_1-এর অবস্থানে আসে এবং তখন M_1-এর কৌণিক দূরত্ব $\angle M_1EU = p+P-S+m$ সুতরাং উপরের আলোচনা হইতে দেখা যাইতেছে যে পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণ স্থায়ী হইতে চন্দ্রের কেন্দ্র মোট $2(p+P-S-m)$ কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে এবং আংশিক চন্দ্রগ্রহণের স্থায়িত্বকালে কেন্দ্রবিন্দু $2(p+P-S+m)$ কৌণিক দূরত্ব অতিক্রম করে।

উদাহরণ ১৭। $p=57'2{\cdot}7''$, $P=8''79$, $S=16'1''$, $m=15'34''$ এবং চন্দ্রের সাইনডিক পিরিয়ড (চান্দ্রমাস) = 29 53 দিন হইতে পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের স্থায়িত্বকাল নির্ণয় করুন।

$$p+P-S=(57'2\ 7''+8.''79-16'1'')=41'10\ 49''$$

$$p+P-S-m=41'10''.49-15'84''$$

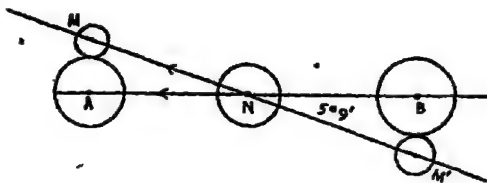
$$=25'36''\ 49$$

$$\therefore\ 2\,(p+P-S-m)=51'12.''98$$

চন্দ্রের প্রতি ঘণ্টায় গতি $= \frac{360^\circ}{29.53 \times 24} = 30'.5$

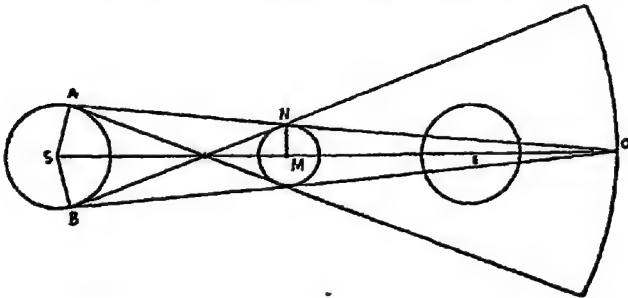
∴ চন্দ্রগ্রহণের স্থায়ীকাল $= \frac{51'12''.98}{30'.05} = 1$ ঘ 44 মি (প্রায়)

১৫.৮.২ চন্দ্রের কক্ষপথের সীমা (lunar ecliptic limit)

চন্দ্রের কক্ষপথ পৃথিবীর কক্ষপথের সহিত প্রায় $5^\circ 9'$ কোণে অবস্থান করে। চন্দ্রের কক্ষতল (plane of lunar orbit) পৃথিবীর কক্ষতলের সহিত একটি সরলরেখায় ছেদ করে। এই সরলরেখা পৃথিবীর কক্ষপথকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে সেই দুই বিন্দুকে ছেদ-বিন্দু (nodes) বা নোডাল বিন্দু বলে। যখন কোন পূর্ণিমার সময় চন্দ্র একটি ছেদ-বিন্দুর অবস্থান অতিক্রম করিবার সময় চন্দ্রগ্রহণ ঘটে তখন সূর্য হইতে এক্লিপটিকের উপর অপর ছেদ-বিন্দু বা নোডাল বিন্দুর বৃহত্তম দূরত্বকে lunar ecliptic limit বা চন্দ্রের কক্ষপথের সীমা বলে। এই সীমার মান চন্দ্রের ভূ-কেন্দ্র হইতে দূরত্ব এবং চন্দ্রের কক্ষতলের নতি (inclination)-এর উপর নির্ভর করে।

মনে করুন যে NM চন্দ্রের কক্ষপথ এবং NA ইহার এক্লিপটিক। মনে করুন পৃথিবীর ঘনছায়া (umbra) অঞ্চলের কেন্দ্র A এবং চন্দ্র যখন ঘনছায়াকে স্পর্শ করে তখন ইহার কেন্দ্র M এই সময় আংশিক চন্দ্রগ্রহণ আরম্ভ হইলে M-এর মহাকাশ $AM = p + P - S + m$-এর সমান হইবে। গোলকের উপর অঙ্কিত ত্রিভুজ ANM হইতে আমরা NA এর দূরত্ব পাইতে পারি। যেহেতু চন্দ্রের কক্ষপথের নতি এবং AM-এর মান হ্রাস-বৃদ্ধি পায়। অতএব NA-এর মানেরও হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে।

থাকে। আবার এই সময় সূর্যের কেন্দ্র A-এর বিপরীত দিকে এক্লিপ-টিকের উপর অবস্থিত। অতএব অপর নোডাল বিন্দু হইতে সূর্য-কেন্দ্রের দূরত্ব NA-এর সমান। সম্ভাব্য চন্দ্রগ্রহণের সময় NA-এর মান অর্থাৎ সূর্য হইতে নিকটবর্তী নোডাল বিন্দুর দূরত্ব একটি বৃহত্তম মান (major ecliptic limit) এবং একটি ক্ষুদ্রতম মান (minor ecliptic limit)-এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। অতএব যদি কোন পূর্ণিমার সময় নিকটতম নোডাল বিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব উপরি-লিখিত বৃহত্তম মান অপেক্ষা অধিক হয় তাহা হইলে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব নহে। বৃহত্তম এবং নিম্নতম মানের পরিমাণ যথাক্রমে 12°15′ এবং 9°30′ বলিয়া জানা গিয়াছে।

১৫ ৮·৩· চন্দ্রের ছায়া কোণ (shadow cone)-এর অক্ষরেখার দৈর্ঘ্য (axis length)

মনে করুন S, M, E যথাক্রমে সূর্য, চন্দ্র এবং পৃথিবীর কেন্দ্র এবং ইহারা একই সরলরেখায় অবস্থিত। এমন অবস্থা অমাবস্যার (new moon) সময় চন্দ্র যখন নোডাল বিন্দুতে থাকে তখন সম্ভব হয়।

অনুরূপ ত্রিভুজদ্বয় (similar triangles) ONM এবং OAS হইতে আমরা পাই

$$\frac{OM}{OS}=\frac{MN}{SA} \text{ অথবা } \frac{OM}{OM+MS}=\frac{r'}{R}$$

(r'=চন্দ্রের ব্যাসার্ধ, R=সূর্যের ব্যাসার্ধ)।

অথবা $OM(R-r') = MS\, r'$

অথবা $OM = \dfrac{r'}{R-r'} MS$

কিন্তু $R = 432{,}000$ মাইল, $r' = 1080$ মাইল

$ES = 3005{,}000$ মাইল, $EM = 238{,}857$ মাইল

$\therefore\ MS = ES - EM = 92{,}766{,}143$ মাইল

অতএব $OM = \dfrac{1080}{432{,}000 - 1080} \times 92{,}766{,}143$ মাইল

$= 232{,}496$ মাইল (প্রায)

যেহেতু পৃথিবী এবং চন্দ্রের কক্ষপথ সম্পূর্ণ বৃত্তাকার নহে, ES এবং EM-এর মান ধ্রুবক (const) নহে। অতএব MS-এর মানও হ্রাস বা বৃদ্ধি পায। OM-এর মান 228,600 মাইল এবং 236, 400 মাইলের সীমার মধ্যে থাকে। যেহেতু পৃথিবীর ব্যাসার্ধ প্রায 3960 মাইল, অতএব যদি EM-এর মান (OM+3960) মাইলের চেযে অল্প হয, তাহা হইলে সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইবে অর্থাৎ যদি

$EM < 228{,}600 + 3960 = 232{,}560$ মাইল হয, তাহা হইলে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ (total solar eclipse) ঘটিবে। পৃথিবী হইতে চন্দ্রের দূরত্ব 252,710 এবং 225,463 মাইলের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। অতএব যদি চন্দ্র ন্যূনতম দূরত্বে অবস্থান করিবার সময অমাবস্যা ঘটে তাহা হইলে সূর্যগ্রহণ ঘটিবেই। কিন্তু চন্দ্রের কক্ষপথের হেলান অবস্থা বা নতির জন্য সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইতে হইলে চন্দ্রকে অমাবস্যার সময নোডাল বিন্দুতে বা ইহার অতি নিকটে অবস্থান করিতে হইবে।

১৫ ৮.৪. সূর্যগ্রহণের শর্তাবলী

(ক) পূর্ণ (total) সূর্যগ্রহণ : মনে করুন C বিন্দুতে পৃথিবী চন্দ্রের ছাযা কোণে প্রবেশ করিতে আরম্ভ করিযাছে। C বিন্দুতে অবস্থানকারী পর্যবেক্ষক লক্ষ্য করিবেন যে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ আরম্ভ হইতেছে। মনে

করুন A, F যথাক্রমে সূর্য এবং চন্দ্রের সাধারণ স্পর্শকের স্পর্শ বিন্দু। SM, EM এবং ES যোগ করুন। চন্দ্র এবং সূর্যের কেন্দ্র যোগকারী

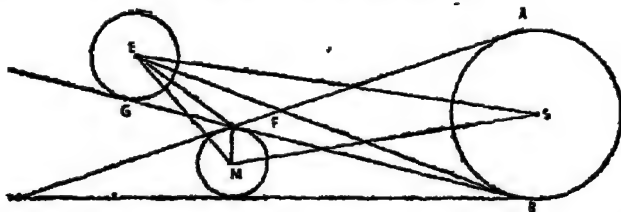
সরলরেখা E বিন্দুতে $\angle SEM$ কোণ উৎপন্ন করিয়াছে।

এখন
$$\angle SEM = \angle FEM - \angle SEF$$
$$= m - \angle EDC + \angle EFC$$
$$= m - \angle EAC - \angle AES + \angle EFC$$
$$= m - P - S + p.$$
$$\therefore \angle SEM = p - P + m - S. \qquad (৪)$$

(খ) **'annular'** সূর্যগ্রহণঃ মনে করুন C বিন্দুতে পৃথিবী চন্দ্রের বর্ধিত ছায়া কোণে প্রবেশ করিতেছে। C বিন্দুতে অবস্থানকারী পর্যবেক্ষকের নিকট annular সূর্যগ্রহণ আরম্ভ হইতেছে। এই মুহূর্তে MS রেখা E বিন্দুতে যে কোণ উৎপন্ন করে তাহার পরিমাণ $\angle SEM$ AS,

FM, CE, EA, EM, ES এবং EF-কে যোগ করিয়া আমরা পাই
$$\angle SEM = \angle AES - \angle AEM$$
$$= S - \angle FEM + \angle FEA$$
$$= S - m + \angle EFC - \angle EAC$$
$$= S - m + p - P.$$
সুতরাং $\angle SEM = p - P - m + S \qquad (৫)$

(গ) আংশিক সূর্যগ্রহণ (partial solar eclipse)

মনে করুন পৃথিবী G বিন্দুতে চন্দ্রের আবছায়া (penumbra) কোণের সহিত স্পর্শ করিয়াছে। S, E, M যথাক্রমে সূর্য, পৃথিবী এবং চন্দ্রের কেন্দ্র। এই অবস্থায় G বিন্দু হইতে আংশিক সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে। EB, EF, EM, EG, MF, SM এবং SB যুক্ত করুন।

এখন, $\angle SEM = \angle SEF + \angle FEM$

$$= \angle SEB + \angle BEF + m$$

$$= S + m + \angle EFG - \angle EBG$$

$$= S + m + p - P$$

$\therefore \quad \angle SEM = p - P + m + S. \qquad (৬)$

অতএব আমরা উপরের আলোচনা হইতে দেখিতেছি যে, অমাবস্যার সময় সূর্যগ্রহণ সম্ভব হইবে তখন যখন

(১) চন্দ্র কোন একটি নোডাল বিন্দুতে অথবা ইহার নিকটে আসিবে ;

(২) চন্দ্র এবং সূর্যের কেন্দ্রযোগকারী সরলরেখা পৃথিবীর কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করিবে তাহার পরিমাণ $p-P+m-S$ অথবা $p-P-m+S$ অথবা $p-P+m+S$ হইতে হইবে।

এখন $p = 57'27''$, $P = 8.''79$, $m = 15'34''$, $S = 16'1''$ ধরিয়া আমরা পাই

(i) $p-P+m-S = 56'27''$ (পূর্ণ সূর্যগ্রহণ)।

(ii) $p-P-m+S = 57'21''$ (annular সূর্যগ্রহণ)

(iii) $p-P+m+S = 88'29''$ (আংশিক সূর্যগ্রহণ)

১৫.৮.৫. চন্দ্রের নোডাল বিন্দুগুলির এক্লিপটিকের উপর আবর্তন

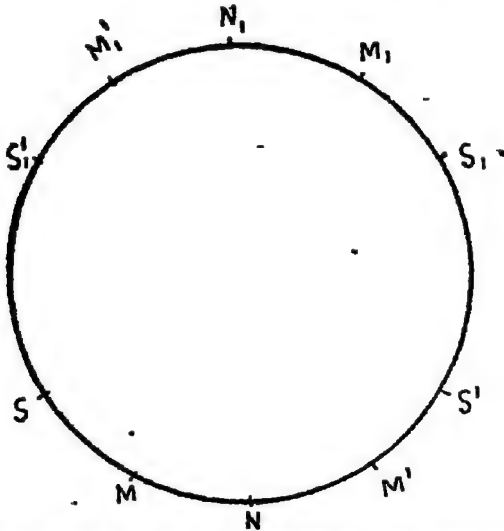
চন্দ্রের নোডাল বিন্দুদ্বয় প্রতি বৎসর এক্লিপটিক বা পৃথিবীর কক্ষপথের উপর প্রতি বৎসরে প্রায় $19°21'$ করিয়া উল্টাদিকে (পিছনে) সরিয়া আসে। অতএব প্রতি বৎসরে সূর্য নোডাল বিন্দুদ্বয় হইতে মোট $(360°+19°21')$ অথবা $379°21'$ দূরে সরিয়া যায়। অতএব একটি নোডাল বিন্দু হইতে $360°$ দূরে সরিয়া যাইতে সূর্যের মোট $\frac{365\frac{1}{4}}{379°21'} \times 360°$ অথবা 346.62 দিন প্রয়োজন হয়। এই সময়কে চন্দ্রের নোডাল বিন্দুর সাইনডিক বৎসর বলে। এক চান্দ্র মাসে (29.53 দিন) সূর্য, নোডাল বিন্দু হইতে $\frac{360°}{346.62} \times 29.53 = 30°40'$ দূরে যায়।

১৫.৮.৬. চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণের সংখ্যা (এক বৎসরে)

চন্দ্রগ্রহণের এক্লিপটিকের সীমা $12°15'$ হইতে $9°30'$ মিনিটের মধ্যে অবস্থিত। তেমনি দেখানো যায় যে সূর্যগ্রহণের এক্লিপটিকের সীমা $18°30'$ এবং $15°21'$ মিনিটের মধ্যে অবস্থিত।

মনে করুন যে এক্লিপটিকের উপর N এবং N_1 দুইটি নোডাল বিন্দু SN, NS', S_1N_1, N_1S_1' সূর্যগ্রহণের এক্লিপটিকের সীমা এবং MN', NM', M_1N_1, N_1M_1' চন্দ্রগ্রহণের এক্লিপটিক সীমা। যেহেতু সূর্যগ্রহণের এক্লিপটিক সীমার সর্বাধিক মান $18°30'$, অতএব $SS' = 2 \times 18°30' = 37° = S_1S_1'$

এখন এক চান্দ্রমাসে (1 lunation $= 29.53$ দিন) সূর্য, নোডাল বিন্দু হইতে প্রায় $30°40'$ মিনিট দূরে সরিয়া যায়। এই গতির পরিমাণ $37°$ অপেক্ষা কম বলিয়া সূর্য SS' এলাকার মধ্যে অবস্থান করিবার সময় একবার অমাবস্যা (new moon) ঘটিবেই। ইহা ছাড়া সুবিধাজনক অবস্থায় দুইটি অমাবস্যা ঘটিতে পারে। ইহার অর্থ এই যে সূর্য একটি নোডাল বিন্দুর নিকটবর্তী এলাকায় অবস্থান করিবার সময় অন্ততঃ একবার (কখনও কখনও দুইবার) সূর্যগ্রহণ দেখা যাইবে।

আবার যেহেতু চন্দ্রগ্রহণের এক্লিপটিক সীমার সর্বাধিক মান $12°15'$ এবং $MM' = 2 \times 12°15' = 24°30' = M_1M_1'$ এবং এই মান $30°40'$

হইতে কম, অতএব সূর্যের MM' এলাকার মধ্যে অবস্থান করিবার সময় এক চান্দ্রমাসে একবার মাত্র পূর্ণিমা ঘটিতে পারে এবং এই সময় আমরা চন্দ্রগ্রহণ নাও দেখিতে পারি।

এখন মনে করুন যে কোন সময় সূর্য S' উপর অবস্থিত হইল এবং তখন অমাবস্যার সময় সূর্যগ্রহণ দেখা গেল। এই সময়ের 14.765 দিন (অর্ধ চান্দ্রমাস) পর পূর্ণিমার সময় সূর্য N বিন্দুর নিকটে আসিবে এবং আমরা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। আরও 14.765 দিন পর অর্থাৎ প্রথম সূর্যগ্রহণের এক চান্দ্রমাস পর সূর্য $30°40'$ সরিয়া যাইবে এবং তখনও সূর্য SS'-এর মধ্যে অবস্থানকালীন অমাবস্যা ঘটিবে। অতএব এই সময় আবার আমরা সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব। এইভাবে প্রথম সূর্যগ্রহণের 6 চান্দ্রমাস অর্থাৎ $6 \times 29\ 53 = 177.18$ দিন পর সূর্য $6 \times 30°40' = 184°$ ডিগ্রী নোডাল বিন্দু হইতে সরিয়া যাইবে এবং এই সময় সূর্য S_1S_1'-এর মধ্যে আসিয়া পড়িবে। কিন্তু M_1 হইতে

দূরে রহিবে। আবার এই সময় অমাবস্যা বলিয়া আমরা তৃতীয় সূর্য গ্রহণ দেখিতে পাইব। এরপর $6\frac{1}{2}$ চান্দ্রমাস পর সূর্য N_1 বিন্দুর নিকটে M_1M_1' সীমার মধ্যে আসিয়া পড়িবে এবং এই সময় পূর্ণিমা বিধায় আমরা দ্বিতীয় চন্দ্রগ্রহণ দেখিব। তারপর 7 চান্দ্রমাস পর অমাবস্যার সময় সূর্য S_1'-এর নিকটে আসিবে এবং আমরা চতুর্থ সূর্য-গ্রহণ দেখিতে পাইব।

ইহার এক চান্দ্রবৎসর অর্থাৎ $12 \times 29.53 = 354.36$ দিন পর সূর্য মোট $12 \times 30°40' = 368°$ সরিয়া S হইতে প্রায় $8°$ দূরে সরিয়া যাইবে। এখন চন্দ্রের অমাবস্যার সময় সূর্য আবার SS' সীমার মধ্যে আসিয়া পড়িবে। অতএব আমরা পঞ্চম সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব।

$12\frac{1}{2}$ চান্দ্রমাস পর অর্থাৎ $12\frac{1}{2} \times 29.53 = 369.125$ দিন পর পূর্ণিমার সময় সূর্য MM' সীমার মধ্যে আসিয়া পড়িবে এবং আমরা তৃতীয় চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। কিন্তু এই চন্দ্রগ্রহণ এক বৎসর পর সংঘটিত হইবে।

অতএব উপরের আলোচনা হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে এক বৎসরে সর্বাধিক 7টি "গ্রহণ" (eclipse) আমরা দেখিতে পারি। এই 7টি গ্রহণের মধ্যে 5টি সূর্যগ্রহণ এবং 2টি চন্দ্রগ্রহণ অথবা 4টি সূর্যগ্রহণ এবং 3টি চন্দ্রগ্রহণ ঘটিতে পারে। শেষোক্ত ঘটনা 1982 খ্রীস্টাব্দে ঘটিবে।

এখন আমরা সর্বনিম্ন সংখ্যক গ্রহণের সংখ্যা নির্ণয় করিব। মনে করুন কোন এক পূর্ণিমার সময় সূর্য তখনও পর্যন্ত M বিন্দুতে আসিয়া পৌঁছে নাই। অতএব এই পূর্ণিমায় আমরা চন্দ্রগ্রহণ দেখিব না। ইহার অর্ধ চান্দ্রমাস পর অমাবস্যার সময় সূর্য N (নোডাল বিন্দু)-এর নিকটে আসিবে এবং আমরা সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাইব। এক চান্দ্রমাস পর আবার পূর্ণিমার সময় সূর্য M' বিন্দু অতিক্রম করিতে যাইবে এবং ফলে আমরা কোন চন্দ্রগ্রহণ দেখিব না। এইরূপে 6 চান্দ্রমাস পর পূর্ণিমার সময় সূর্য ইতিমধ্যে $184°$ অতিক্রম করিয়া তখনও M_1 বিন্দুর বাহিরে থাকিবে। অতএব আমরা এবারও চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব না। $6\frac{1}{2}$

চান্দ্রমাস পর অমাবস্যার সময় সূর্য N_1 বিন্দুর নিকটে আসিবে এবং তখন আমরা দ্বিতীয় সূর্যগ্রহণ দেখিব। 7 চান্দ্রমাস পর পূর্ণিমার সময়ও সূর্য M_1' বিন্দু অতিক্রম করিয়া গিয়াছে এবং এই সময়ও আমরা কোন চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাই না।

$12\frac{1}{2}$ চান্দ্রমাস অর্থাৎ 369.125 দিন পর সূর্য প্রথম পূর্ণিমার 369.125 দিন পর আবার পূর্ণিমার সময় 368° অর্থাৎ প্রথমাবস্থায় 8° দূরে আসিয়া পরে তখন ইহা M M′ সীমার মধ্যে আসিয়া পড়ে এবং এই সময় আমরা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব। কিন্তু এই চন্দ্রগ্রহণের সময় আসিতে আমাদের এক বৎসরের অধিক সময় অতিবাহিত হইয়াছে।

অতএব আমরা সিদ্ধান্ত করিতেছি যে কোন এক বৎসরে সর্বনিম্ন সংখ্যক গ্রহণের সংখ্যা দুই হইবে এবং এইক্ষেত্রে উভয়ই সূর্যগ্রহণ (Solar eclipse) হইবে।

১৫ ৮.৭ চ্যাল্ডিয়ান ছারোস (Chaldean Saros)

আমরা দেখিয়াছি যে চন্দ্রের নোডাল বিন্দুদ্বয় মোট 346 62 দিনে এক্লিপটিকের চারি পাশে একবার ঘুরিয়া আসে। এখন 223 চান্দ্রমাসে 223×29 53 = 6585 32 দিন হয় এবং নোডাল বিন্দুদ্বয় 19 বার এক্লিপটিকের চারি পাশে আবর্তন করিতে 6585.78 দিন সময় লাগে। এই উভয় দিনগুলির মধ্যে প্রভেদ প্রায় 11 ঘণ্টা এবং এই সময়ের মধ্যে সূর্য একটি নোডাল বিন্দু হইতে প্রায় 18′ সরিয়া যায়। ফলে চন্দ্র, সূর্য এবং নোডাল বিন্দুগুলি পরস্পরের অপেক্ষার একই অবস্থানে প্রায় $6585\frac{1}{3}$ দিন পর পর ফিরিয়া আসিবে। অর্থাৎ $6585\frac{1}{3}$ দিন= 18 বৎসর 11 দিন পর সূর্যগ্রহণ এবং চন্দ্রগ্রহণের সময়গুলির পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্তি ঘটিবে।

পুরাতন কালে chaldean জ্যোতির্বিদেরা এই 18 বৎসর 11 দিনের সময়ের ব্যবধান আবিষ্কার করিয়াছিলেন এবং ইহার নাম দিয়াছিলেন "Saros" অতএব 18 বৎসর 11 দিনের মধ্যে সে সমস্ত চন্দ্রগ্রহণ এবং সূর্যগ্রহণ সংঘটিত হয় তাহার পর সেগুলির পুনরাবৃত্তি হইতে থাকে। সাধারণতঃ 6585 দিনে মোট 43 সূর্যগ্রহণ এবং 28 চন্দ্রগ্রহণ ঘটিবা

থাকে। কিন্তু সূর্যগ্রহণ একই হইতে আমরা নাও দেখিতে পারি। পৃথিবীর সঙ্কীর্ণ অঞ্চল হইতে আমরা সূর্যগ্রহণ দেখি কিন্তু প্রায় অর্ধেকের বেশী এলাকা হইতে আমরা চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাই।

প্রশ্নমালা—১৫

১। চন্দ্রগ্রহণের কারণ বর্ণনা করুন এবং চন্দ্রগ্রহণের এক্লিপটিক নির্ণয় করুন।

প্রমাণ করুন যে চন্দ্রের কেন্দ্র এবং পৃথিবীর ছায়া কোণের মধ্যে কৌণিক দূরত্ব 56′-এর অধিক হইলে চন্দ্রগ্রহণ দেখা সম্ভব নহে এবং পূর্ণগ্রাস বা পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণের জন্য এই দূরত্ব 26′-এর চেয়ে অধিক হইবে না।

২। সূর্যগ্রহণের কারণ বর্ণনা করুন এবং কিভাবে তিন প্রকার সূর্যগ্রহণ আমরা দেখি তাহার ব্যাখ্যা করুন। এক বৎসরে আমরা অধিকতম কতগুলি এবং ন্যূনতম কতগুলি সূর্যগ্রহণ এবং কতগুলি চন্দ্রগ্রহণ দেখিতে পাইব এবং কেন দেখিতে পাইব তাহা বিশদভাবে বুঝাইয়া দিন।

৩। চন্দ্রগ্রহণের স্থায়িত্ব কাল নির্ণয় করুন।

৪। কেন আমরা প্রতি পূর্ণিমাতে চন্দ্রগ্রহণ দেখি না, তাহা বিশদভাবে আলোচনা করুন।

৫। কেন আমরা অঙ্গুরীবৎ চন্দ্রগ্রহণ (anuular eclipse) দেখি না তাহা আলোচনা করুন। মধ্যরাত্রিতে সূর্যগ্রহণ এবং দ্বিপ্রহরে চন্দ্রগ্রহণ সম্ভব কি? কারণ প্রদর্শন করুন।

৬। যদি Summer s listice-এর দিনে অর্থাৎ 23 সেপ্টেম্বর তারিখে আমরা পূর্ণ চন্দ্রগ্রহণ দেখি এবং ঐ সময় যদি চন্দ্র জেনিথে অবস্থান করে তাহা হইলে, আমাদের স্থানীয় অক্ষাংশ কত হইবে?

৭। সূর্য এবং অমাবস্যার চন্দ্রের কেন্দ্র সংযোগকারী সরলরেখা পৃথিবীর কেন্দ্রে anuular সূর্যগ্রহণের সময় যে কোণ উৎপন্ন করে তাহার পরিমাণ নিম্নে প্রদত্ত রাশিগুলির সাহায্যে নির্ণয় করুন:

সূর্যের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি =8 8″
সূর্যের প্রকৃত ব্যাসার্ধ =16′4″
চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি =54′48″
চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসার্ধ =14′55″
চান্দ্রমাসের সময় =29 53 দিন।

৮। নিম্নে প্রদত্ত রাশিগুলি হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণের শর্ত (condition) নির্ণয় করুন:

সূর্যের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি =8·7″
সূর্যের প্রকৃত ব্যাসার্ধ =15′53″
চন্দ্রের উদয়কালীন কৌণিক ভ্রান্তি =58′56″
চন্দ্রের প্রকৃত ব্যাসার্ধ =16′3″
চান্দ্রমাসের সময় =29 53 দিন।

১৫·৯. গ্রহ এবং তাহাদের গতিবিধি সম্বন্ধে

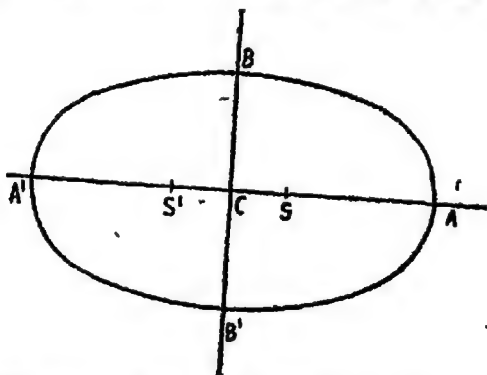
১৫ ৯.১ কেপলারের নিয়ম (Kepler's laws)

Tycho Brahe নামক ডেনমার্কের বিখ্যাত জ্যোতির্বিদের ছাত্র Kepler গ্রহদের গতিবিধি লক্ষ্য করিয়া তিনটি নিয়ম আবিষ্কার করেন। নিয়মগুলি নিম্নে প্রদত্ত হইল।

(a) প্রত্যেকটি গ্রহের ভ্রমণপথ বা কক্ষপথ একটি উপবৃত্ত (ellipse) এবং সূর্য এই উপবৃত্তের একটি ফোকাসে (focus) অবস্থিত,

(b) সূর্য এবং গ্রহ যোগকারী সবলরেখা (radius vector) সমান সমান সময় ব্যবধানে সমান সমান ক্ষেত্রফলের এলাকা বর্ণনা করিবে;

(c) প্রত্যেকটি গ্রহের সাইডেরিয়াল পিরিয়ডের (গ্রহ বৎসর) বর্গ, সূর্য হইতে গ্রহ পর্যন্ত অঙ্কিত সবলরেখার ঘনফলের অনুপাতে বৃদ্ধি পাইবে।

প্রথম নিয়ম : মনে করুন A B A′ B′ একটি গ্রহের কক্ষপথ এবং সূর্য S বিন্দুতে অবস্থিত। কক্ষপথটি একটি উপবৃত্ত এবং A A′ উহার বৃহত্তম ব্যাস। A বিন্দু S-এর নিকটতম বলিয়া ইহাকে পেরিহিলিয়ান (perihelian) এবং A′ দূরতম বিন্দু বলিয়া ইহা অ্যাপহিলিয়ান (aphelian) বলে। মনে করুন e কক্ষপথটির "চ্যাপ্টাত্বের" (eccentricity) পরিমাণ।

উপবৃত্তের সাধারণ ধর্ম হইতে আমরা পাই

$$SA = CA - CS = CA - e\,cA = (1-e)\,CA.$$

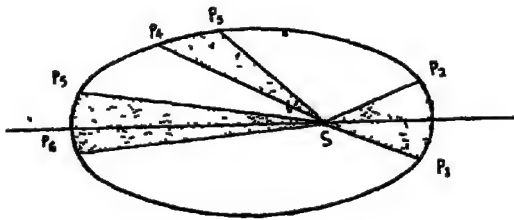
$$SA' = CA' + CS = CA + e\,cA = (1+e)\,CA.$$

$$\therefore \frac{SA}{SA'} = \frac{1-e}{1+e}$$

অথবা $$e = \frac{SA' - SA}{SA' + SA}$$

পৃথিবীর কক্ষপথের জন্য $e = \frac{1}{60}$ (প্রায়)।

দ্বিতীয় নিয়ম : সূর্য হইতে গ্রহ যোগকারী সরলরেখাকে রেডিয়াস ভেক্টর (radius vector) বলে।

মনে করুন একটি গ্রহ একই সময় ব্যবধানে P_1 হইতে P_2 কিংবা P_3 হইতে P_4 কিংবা P_5 হইতে P_6 স্থানে আসে। তাহা হইলে দ্বিতীয় নিয়ম অনুসারে P_1SP_2, P_3SP_4, P_5SP-এর ক্ষেত্রফলগুলি সমান।

তৃতীয় নিয়ম : মনে করুন T_1, T_2, T_3 সময়ে বিভিন্ন গ্রহ আপন আপন কক্ষপথে একবার করিয়া আবর্তন করে অর্থাৎ T_1, T_2, T_3 প্রভৃতি যথাক্রমে গ্রহগুলির সাইডেরিয়াল পিরিয়ড বা গ্রহবৎসর। আরও মনে করুন যে সূর্য হইতে গ্রহগুলির গড় দূরত্ব যথাক্রমে a_1, a_2, a_3, . । কেপ্‌লারের তৃতীয় নিয়মানুসারে

$$\frac{T_1^2}{a_1^3}=\frac{T_2^2}{a_2^3}=\frac{T_3^2}{a_3^3}=$$

এখন পৃথিবীর জন্য T_1 = এক বৎসর

$a_1 = 93,005,000$ মাইল।

এই দূরত্ব একক ধরিয়া আমরা অন্যান্য গ্রহের জন্য লিখিতে পারি

$T_2^2=a_2^3,\quad T_3^2=a_3^3$.

অথবা, $T_2=a_2^{3/2},\quad T_3=a_3^{3/2}, \ldots\ldots$

অথবা, $a_2=T_2^{2/3},\quad a_3=T_3^{2/3}$

উদাহরণ ১৮। শনি গ্রহ $T_2 = 29\ 46$ বৎসর

$$a_2=T_2^{2/3}=(29\ 46)^{2/3}=9\ 54$$

অর্থাৎ পৃথিবীর তুলনায় সূর্য হইতে 9 54 গুণ দূরে শনিগ্রহ অবস্থিত।

প্রকৃত দূরত্ব $= 9\ 54 \times 93,005,000$ মাইল।

ইউরেনাস : $T = 84{\cdot}015$ বৎসর

$$a=(84\ 015)^{2/3}$$

$$=19\ 19$$

ইউরেনাসের দূরত্ব $= 19\ 19 \times 93,005,000$ মাইল।

১৫.৯.২.

নিউটনের মাধ্যাকর্ষণের নিয়ম হইতে কেপলারের তৃতীয় নিয়ম নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়। মনে করুন m_1, T_1 যথাক্রমে একটি গ্রহের বস্তুর পরিমাণ এবং উহার কক্ষপথে আবর্তনের সময় এবং M সূর্যের বস্তুর পরিমাণ। মনে করুন a_1 গ্রহটির সূর্য হইতে গড় দূরত্ব এবং ω_1 উহার কৌণিক গতি (angular velocity)। তাহা হইলে

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1} \qquad (১)$$

সূর্য এবং গ্রহের মধ্যে পরস্পরের আকর্ষণজনিত যে গতি বৃদ্ধি (acceleration) ঘটে তাহার পরিমাণ

$$= \frac{G}{a_1^2}(M+m_1), \; G \equiv \text{মাধ্যাকর্ষণজনিত সংখ্যা} \qquad (২)$$

কিন্তু এই আপেক্ষিক গতি বৃদ্ধি $= \omega_1^2 a_1$ (৩)

অতএব (১), (২) এবং (৩) হইতে আমরা পাই

$$\frac{G}{a_1^2}(M+m_1) = \omega_1^2 a_1 = \frac{4\pi^2}{T_1^2} a_1$$

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m_1)} \qquad (৪)$$

একইরূপে, যদি m_2, T_2 a_2 দ্বিতীয় গ্রহের অনুরূপ সংখ্যা সূচনা করে, তাহা হইলে

$$\frac{T_2^2}{a_2^3} = \frac{4\pi^2}{G(M+m_2)} \qquad (৫)$$

(৪) এবং (৫) হইতে আমরা পাই

$$\frac{T_1^2}{a_1^3}(M+m_1) = \frac{T_2^2}{a_2^3}(M+m_2) \qquad (৬)$$

অথবা, $$\frac{T_1^2}{a_1^3}\left(1+\frac{m_1}{M}\right) = \frac{T_2^2}{a_2^3}\left(1+\frac{m_2}{M}\right) \qquad (৭)$$

যদি গ্রহের বস্তুর পরিমাণের (m_1, m_2) সহিত সূর্যের বস্তুর পরিমাণের অনুপাতকে আমরা নগণ্য মনে করি অর্থাৎ যদি

$\frac{m_1}{M}$, $\frac{m_2}{M}$ প্রভৃতিকে বাদ দেই তাহা হইলে কেপলারের তৃতীয় নিয়মটি পাই অর্থাৎ $\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3}$

১৫ ৯.৩. গ্রহের বস্তুর পবিমা।

মনে করুন m, a, T যথাক্রমে একটি গ্রহেব বস্তুব পবিমাণ, উহাব গড দূবত্ব এবং পবিক্রমণ সময এবং m_1, a_1, T_1 যথাক্রমে গ্রহটিব কোন একটি উপগ্রহেব যথাক্রমে বস্তুব পবিমাণ, গ্রহ হইতে গড দূবত্ব এবং পবিক্রমণ সময। তাহা হইলে গ্রহেব জন্য

$$\frac{T^2}{a^3}=\frac{4\pi^2}{(M+m)G} \qquad (৮)$$

উপগ্রহেব জন্য $\frac{T_1^2}{a_1^3}=\frac{4\pi^2}{(m+m_1)G}$

এখন $\frac{m_1}{m}$ কে বর্জন কবিযা (নগণ্য বিষয) আমবা শেষোক্ত সমীকবণকে লিখিতে পাবি

$$\frac{T_1^2}{a_1^3}=\frac{4\pi^2}{mG} \qquad (৯)$$

অতএব (৮) এবং (৯) হইতে আমবা পাই

$$\frac{T^2a_1^3}{a^3T_1^2}=\frac{m}{M\left(1+\frac{m}{M}\right)}$$

অর্থাৎ $$\frac{T^2a_1^3}{T_1^2a^3}\approx\frac{m}{M}$$

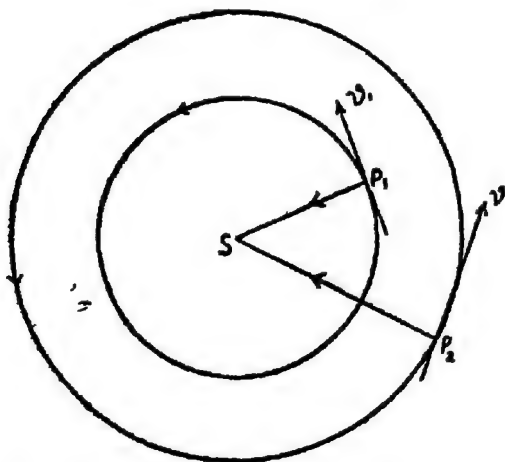
$$\frac{m}{M}\approx\left(\frac{a_1}{a}\right)^3\cdot\left(\frac{T}{T_1}\right)^2 \qquad (১০)$$

উদাহরণ ১৯। ইউবেনাসেব ক্ষেত্রে উপগ্রহ Titania-এব জন্য

$$\left.\begin{matrix}a=19\ 19\ \text{a u}\\ T=84\ 02\end{matrix}\right\} \quad \left.\begin{matrix}a_1=00293\\ T_1=8\ 706\ \text{দিন}\end{matrix}\right\} \quad \frac{m}{M}\approx\frac{1}{22610}\text{।}$$

১৫ ৯ ৪ গ্রহেব রৈখিক গতি

মনে করুন গ্রহগণেব কক্ষপথগুলি বৃত্তাকাব। দুইটি গ্রহ বৈখিক v_1 এবং v_2 গতিতে আপন কক্ষপথে চলিতে চলিতে কোন একটি নির্দিষ্ট মুহূর্তে P_1 এবং P_2 বিন্দুতে আসিল। S সূর্যেব অবস্থান সূচনা কবিতেছে

এবং M_1, M_2 যথাক্রমে গ্রহ দুইটির বস্তুর পরিমাণ। যেহেতু গ্রহ দুইটি বৃত্তাকার পথে একই গতিতে (v_1 এবং v_2) পরিভ্রমণ করিতেছে অতএব

তাহাদের কেন্দ্রাভিমুখী গতি বৃদ্ধির পরিমাণ যথাক্রমে $\frac{v_1^2}{r_1}$ এবং $\frac{v_2^2}{r_2}$ ($P_1S=r_1$, $P_2S=r_2$) কিন্তু মাধ্যাকর্ষণের নিয়মানুসারে গ্রহ দুইটির গতি-বৃদ্ধির পরিমাণ যথাক্রমে

$$\frac{G(M+M_1)}{r_1^2} \text{ এবং } \frac{G(M+M_2)}{r_2^2} \text{ (M=সূর্যের বস্তুর পরিমাণ)}$$

এখন M-এর তুলনায় M_1 এবং M_2-এর মানকে নগণ্য মনে করিলে আমরা পাই

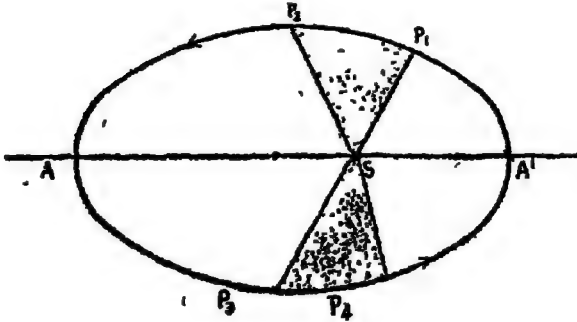
$$\frac{v_1^2}{r_1}=\frac{GM}{r_1^2}, \quad \frac{v_2^2}{r_2}=\frac{GM}{r_2^2}$$

অথবা $v_1^2r_1=v_2^2r_2$

অথবা $v_1\sqrt{r_1}=v_2\sqrt{r_2}$

ইহা হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে সূর্য হইতে দূরত্বের বর্গমূল যত বৃদ্ধি পাইবে, গ্রহের রৈখিক গতি সেই অনুপাতে হ্রাস পাইবে।

১৫৯৫. কেপলারের নিয়ম হইতে আমরা নিম্নে বর্ণিত সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে পারি :

মনে করুন একই সময় ব্যবধান t-তে একটি গ্রহ যথাক্রমে P_1SP_2 এবং P_3SP_4 ক্ষেত্র বর্ণনা করিল। কেপলারের দ্বিতীয় নিয়মানুসারে

ক্ষেত্রফল P_1SP_2 = ক্ষেত্রফল P_3SP_4

যদি $\angle P_1SP_2 = x_1^\circ$, $\angle P_3SP_4 = x_2^\circ$ এবং $SP_1 = r_1$, $SP_3 = r_2$ হয়, তাহা হইলে

$$\text{ক্ষেত্রফল } P_1SP_2 = \frac{\pi r_1^2 x_1}{360} = \frac{\pi r_2^2 x_2}{360} = \text{ক্ষেত্রফল } P_3SP_4$$

$$r_1^2 x_1 = r_2^2 x_2 = h \text{ (মনে করুন)} \qquad (১)$$

P_1 এবং P_3 বিন্দুতে যদি গ্রহটির কৌণিক গতির গড় যথাক্রমে ω_1 এবং ω_2 হয়, তাহা হইলে

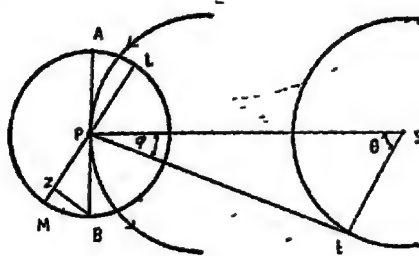
$$\omega_1 t = x_1, \quad \omega_2 t = x_2 \qquad (২)$$

এবং (১) এবং (২) হইতে আমরা পাই

$$r_1^2 \omega_1 = r_2^2 \omega_2 = \frac{h}{t} \qquad (৩)$$

সিদ্ধান্ত : A′ বিন্দুতে (perihelion) কৌণিক গতি সর্বাধিক এবং A বিন্দুতে (aphelion) কৌণিক গতি সর্বনিম্ন হইবে।

১৫ ৯.৬ গ্রহের কলাবৃদ্ধি (Phases of a planet)

গ্রহের নিজের কোন আলো নাই। সূর্যের আলো গ্রহ হইতে প্রতিফলিত হইয়া পৃথিবীতে ফিরিয়া-আসে। আমরা টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিতে পাই যে চন্দ্রের যেমন কলাবৃদ্ধি হয় তেমনিই গ্রহেরও কলাবৃদ্ধি হইয়া থাকে। মনে করুন P একটি গ্রহের কেন্দ্র এবং r উহার ব্যাসার্ধ। মনে করুন S এবং E যথাক্রমে সূর্য এবং পৃথিবীর অবস্থান। গ্রহের যে অর্ধাংশ সূর্যের দিকে থাকে শুধু সেই অংশ আলোক পাই। কিন্তু এই আলোকিত অংশের সবটুকু পৃথিবী হইতে দেখা যায় না। চিত্রে APB, LPM যথাক্রমে SP এবং EP-এর উপর অঙ্কিত লম্ব।

যদি BN, LM-এর উপর অঙ্কিত লম্ব হয়, তাহা হইলে গ্রহের $\frac{LN}{LM}$ অংশ আমরা পৃথিবী হইতে দেখিতে পাইব। উপরের চিত্র হইতে আমরা পাই

$$\frac{LN}{LM}=\frac{LP+PN}{LM}=\frac{r+r\cos\varphi}{2r}$$

$$=\tfrac{1}{2}(1+\cos\varphi) \qquad (১)$$

একটি দূরবর্তী (Superior) গ্রহের ক্ষেত্রে যদি $\varphi=0$ হয় তাহা হইলে $\cos\varphi=1$ এবং $\frac{LN}{LM}=1$ হইবে এবং গ্রহকে আমরা পূর্ণিমার অবস্থায় দেখিব। অতএব যখন গ্রহটি পৃথিবীর বিপরীত দিকে সূর্যের সহিত সমসূত্রে অবস্থিত তখন গ্রহটিকে পূর্ণিমার অবস্থায় দেখা যাইবে। আবার এই সমস্ত গ্রহের জন্য φ-এর মান সর্বদাই 90° অপেক্ষা কম হইবে। অতএব আমরা সর্বদাই গ্রহের আলোকিত অংশের অর্ধেকের বেশী দেখিতে পাইব।

নিকটবর্তী গ্রহের জন্য যখন গ্রহটি পৃথিবীর বিপরীত দিকে সূর্যের সহিত সমসূত্রে আসে তখন $\varphi=০$ এবং $\frac{LN}{LM}=1$, অতএব আমরা গ্রহের আলোকিত অংশের সবটুকু দেখিতে পাইব। আবার যখন পৃথিবী এবং গ্রহ সূর্যের একই পার্শ্বে সমসূত্রে আসে তখন $\varphi=180°$ এবং $\frac{LN}{LM}=০$ হওয়ায় আমরা গ্রহকে মোটেই দেখিতে পাইব না। অন্য-অবস্থায় φ-এর মান নিম্ন উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

মনে করুন একটি গ্রহের আপন কক্ষপথে আবর্তন সময় $=T$, এবং দূরবর্তী গ্রহের জন্য বিপরীত সমরেখ অবস্থান (opposition) অথবা নিকটবর্তী গ্রহের জন্য নিম্ন সমরেখ অবস্থানে (inferior conjunction) হইতে যে কোন অবস্থান পর্যন্ত নির্ণেয় সময়$=t$. তাহা হইলে চিত্র হইতে $\theta=\angle ESP=\frac{360°t}{T}$ ... (২)

আবার SEP ত্রিভুজ হইতে $SE=a$, $SP=b$ ধরিয়া আমরা পাই

$$b \sin\varphi=a \sin\angle SEP=a \sin(\theta+\varphi)$$

$$\tan\varphi=\frac{a\sin\theta}{b-a\cos\theta} \quad (৩)$$

অতএব φ এর মান নির্ণয় করা যায় এবং $\frac{LN}{LM}$ এর মান φ-এর সাহায্যে স্থির করা যায়।

উদাহরণ ২০। শুক্রতারার (Venus)-এর কলা (phase)$=\frac{1}{4}$ এবং $b=0 723$ a u হইলে সূর্য-গ্রহ যোগকারী সরলরেখা পৃথিবীতে কোণ (elongation$=\angle PES$) উৎপন্ন করে, তাহা নির্ণয় করুন।

আমরা জানি "কলা" (phase)$=\frac{1+\cos\varphi}{2}$

$$\frac{1}{4}=\frac{1+\cos\varphi}{2}$$

$$\cos\varphi=-\tfrac{1}{2}$$

$$\therefore\ \varphi=120°$$

আবার $\tan \varphi = \frac{a \sin \theta}{b - a \cos \theta}$

অথবা, $\tan 120^\circ = \frac{\sin \theta}{\cdot 723 - \cos \theta}$

অথবা, $-\sqrt{3}(\cdot 723 - \cos \theta) = \sin \theta$

অথবা, $\sqrt{3} \cos \theta - \sin \theta = \cdot 723 \times 1{\cdot}732$

অথবা, $2 \cos (\theta + 30^\circ) = \cdot 723 \times 1\ 732$

অথবা, $\cos (\theta + 30^\circ) = 723 \times \cdot 866 = \cdot 6253$

$\therefore \quad \theta + 30^\circ = 51^\circ 18'$

অথবা $\quad \theta = 21^\circ 18'$

এবং $\quad \angle PES = 180^\circ - (\theta + \varphi)$

$= 180^\circ - (21^\circ 18' + 120^\circ)$

$= 180^\circ - 141^\circ 18'$

$= 38^\circ 42'$

প্রশ্নমালা—১৬

১। শুক্রগ্রহের কক্ষপথে আবর্তন কাল 224.7 দিন এবং সূর্য হইতে বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধান (elongation) 45° হইলে একটি Conjunction এবং বৃহত্তম কৌণিক ব্যবধানের সময়ের পার্থক্য কত হইবে, নির্ণয় করুন।

২। চিত্রের সাহায্যে প্রমাণ করুন যে শুক্রগ্রহের সূর্য হইতে কৌণিক ব্যবধান সর্বদাই সূক্ষ্মকোণ হইবে।

৩। Kepler-এর নিয়মগুলি বর্ণনা করুন। নিউটনের মাধ্যাকর্ষণের নিয়মের সাহায্যে Kepler-এর তৃতীয় নিয়মটি বাহির করুন।

৪। দুইটি পর পর Opposition অবস্থায় আসিতে শনিগ্রহের 378 দিন অতিবাহিত হইলে শনিগ্রহের সৌর-বৎসরে (Sidenal period) কত দিন আছে নির্ণয় করুন।

৫। কক্ষপথগুলিকে বৃত্তাকার একই সমতলে অবস্থিত কল্পনা-করিয়া প্রমাণ করুন যে নিকটবর্তী গ্রহের গতিবেগ দূরবর্তী-গ্রহের গতিবেগ অপেক্ষা বৃহত্তর।

৬। যদি ইউরেনাস গ্রহের গড় দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বের 19 2 গুণ হয়, তাহা হইলে গ্রহটির সৌরবৎসরে কত দিন আছে তাহা নির্ণয় করুন।

৭। শুক্রগ্রহের সৌরবৎসরে 224 7 দিন আছে। ইহার সাইনডিক পিরিয়ড কত নির্ণয় করুন।

৮। সূর্য হইতে শুক্রগ্রহের দূরত্ব পৃথিবীর দূরত্বের 0 72 গুণ হইলে Kepler-এর তৃতীয় নিয়মের সাহায্যে গ্রহটির সৌরবৎসর নির্ণয় করুন।

৯। একটি গ্রহের সৌরবৎসর এবং সাইনডিক বৎসর কাহাকে বলে? উহাদের মধ্যে যে সম্বন্ধ তাহা নির্ণয় করুন। Pluto গ্রহের সৌর বৎসর সংখ্যা 247 7 হইলে ইহার সাইনডিক বৎসর কত নির্ণয় করুন।

১০। মঙ্গল গ্রহের সৌরবৎসরে 780 দিন আছে এবং ইহার কক্ষপথের ব্যাস পৃথিবীর কক্ষপথের ব্যাসের $1\frac{1}{2}$ গুণ। গ্রহটির opposition অবস্থা হইতে quadrature অবস্থায় আসিতে কত সময় লাগিবে তাহা স্থির করুন।

১১। একটি গ্রহের "সোজা" (direct) গতি এবং "উল্টা" (Retrograde) গতি বর্ণনা করুন। শুক্রগ্রহ কোন এক সময়ে "সন্ধ্যাতারা" এবং স্থির বলিয়া প্রতীয়মান হইলে ইহার গতি কোন্ দিকে হইবে তাহা স্থির করুন।

১২। একটি গ্রহের "কলা" কাহাকে বলে তাহা বর্ণনা করুন। নিকটবর্তী এবং দূরবর্তী গ্রহের "কলা" কিভাবে বৃদ্ধি পায় তাহা বুঝাইয়া লিখুন।

১৩। "কলা" (phase) জানা থাকিলে কিভাবে গ্রহের সূর্য হইতে কৌণিক দূরত্ব (elongation) পাওয়া যায় তাহা বর্ণনা করুন।

১৪। যদি সূর্য এবং শুক্রগ্রহকে একই স্থানে জুনমাসের 1 তারিখে উদয় হইতে দেখা যায় তাহা হইলে গ্রহটির কৌণিক দূরত্ব নির্ণয় করুন।

১৫। সূর্য হইতে একটি গ্রহের দূরত্ব 2760,000,000 মাইল এবং অপর একটি গ্রহের সাইডেরিয়াল পিরিয়ড 29 6 বৎসর হইতে প্রথম

গ্রহেব সাইডেরিবাল পিরিযড এবং দ্বিতীয গ্রহেব সূর্য হইতে দূরত্ব কত নির্ণয করুন।

১৬। বৃহস্পতি গ্রহের সূর্য হইতে দূবত্ব পৃথিবীর দূবত্বেব 5 2 গুণ। পৃথিবীর, বৃহস্পতি গ্রহ এবং সূর্য পব পব দুইবাব সমরেখ হইতে কত সময অতিবাহিত হইবে নির্ণয করুন।

১৭। শনিগ্রহেব সূর্য হইতে দূরত্ব পৃথিবীব দূবত্বেব ৭ গুণ। যে সমযে গ্রহটিব গতি উণ্টা দিকে হইবে সেই সমযেব স্থাবীকাল নির্ণয করুন।

১৮। মঙ্গলগ্রহের দুইটি উপগ্রহেব সাইডেবিযাল পিবিযড যথাক্রমে 30 ঘণ্টা এবং $7\frac{1}{2}$ ঘণ্টা হইলে উপগ্রহ দুইটির গ্রহ হইতে দূবত্বেব অনুপাত নির্ণয় করুন।

১৯। নিম্নলিখিত জ্যোতিকগুলি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখুন।

ষোড়শ অধ্যায়

নক্ষত্র, ছায়াপথ ইত্যাদি

১৬১· নক্ষত্রের দূরত্ব

সূর্যই পৃথিবীব নিকটতম নক্ষত্র। অন্যান্য নক্ষত্রগুলি পৃথিবী হইতে এত দূবে যে তাহাদেব দূবত্ব নির্ণয কবিতে হইলে দুই প্রকাব একক ব্যবহাব কবা হয। পৃথিবী হইতে সূর্যেব দূবত্বকে একটি একক (Astronomical Unit বা A U) এবং দ্বিতীয একক আলো-বৎসব (Light year)। এই দ্বিতীয, এককে আলো-এক বৎসবে যে দূবত্ব অতিক্রম কবে সেই দূবত্বকে বুঝায অর্থাৎ

$$\text{এক আলো-বৎসব} = 186,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \text{ মাইল।}$$

ইহা ছাড়া কখনও কখনও "পাবসেক" (persec) নামক একটি একক ব্যবহাব কবা হয। একটি নক্ষত্রেব পৃথিবীতে ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তিব পরিমাণ যদি 1" সেকেণ্ড হয তাহা হইলে সেই নক্ষত্রেব দূবত্বকে "এক পাবসেক" বলে। নক্ষত্রেব দূবত্ব সাধাবণতঃ "ভূ-কেন্দ্রিক কৌণিক ভ্রান্তিব" (geocentric parallax) সাহায্যে নির্ণয কবা হয বলিযা এই একক ব্যবহাব কবা হয।

$$1 \text{ পবসেক্} = 3\ 26 \text{ আলো-বৎসব।}$$

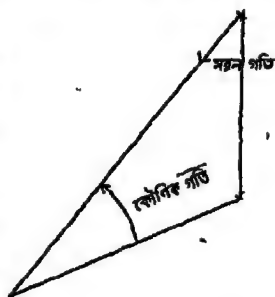
উদাহবণ স্বরূপ মনে করুন আকাশে উজ্জ্বলতম নক্ষত্র Sirius (সিবিযাস্),-এব কৌণিক ভ্রান্তিব পবিমাণ=0 379 অতএব এই নক্ষত্রেব দূবত্ব 206,265/·379 (A.U) অর্থাৎ 1/·379=2 6 পাবসেক্ অথবা 8 6 আলো বৎসব

সূর্য হইতে $3\frac{1}{2}$ পাবসেক দূবত্বেব মধ্যে প্রায 15টি নক্ষত্রেব পবিচয পাওযা গিযাছে। সূর্যেব নিকটতম প্রতিবেশী α-Centauri (α—সেণ্টবী)। ইহা প্রকৃত পক্ষে দ্বি-নক্ষত্র (double star পবে দেখুন)।

নিম্নে আমরা নিকটবর্তী কয়েকটি নক্ষত্রের তালিকা দিলাম ঃ

নাম	R.A.	নতি	আকার (magnitude)	দূরত্ব (আলো-বৎসর)
α-সেণ্টবী	14 ঘ. 36 মি.	—60°·6	1·7	4·3
লাযটেন (Layten)	1 ঘ 36 মি	—18° 2	12	8·6
সিরিযাস্ (Sirius)	6 ঘ 43 মি.	—16 6	8·4	8 6
61-সিগ্নি (cygni)	21 ঘ. 5মি.	38 5	6 3	10 9

১৬২. নক্ষত্রের গতি

১৭১৮ খ্রীস্টাব্দে এডমাণ্ড হ্যালী সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে নক্ষত্র প্রকৃতপক্ষে স্থির নহে। তিনি মন্তব্য করেন যে টলেমীর পুরাতন ক্যাটালগে (Catalogue) বর্ণিত উজ্জ্বল নক্ষত্রগুলির প্রত্যেকে প্রায চন্দ্রের ব্যাস পরিমিত দূরত্বে সরিযা গিযাছে। নক্ষত্রগুলি পরস্পর ইতঃস্ততভাবে গতিশীল এবং দ্রুতবেগে তাহারা স্থান পরিবর্তন করিতেছে। পৃথিবী হইতে তাহাদের প্রায অসীম দূরত্বের জন্য আমরা এই গতি সহজে বুঝিতে পারি না। জ্যোতিবিদেরা নক্ষত্রের "কৌণিক গতি" (proper motion) এবং "সরল গতি" (radial motion) নির্ণয় করিতে সক্ষম হইযাছেন (চিত্র দেখুন)।

সরল গতি

কৌণিক গতি

বিভিন্ন সময়ে নক্ষত্রের R. A. এবং নতির পরিমাণ নির্ধারণ করিযা কৌণিক গতি পাওযা যায। ইহা ছাড়া আধুনিক উপাযে আকাশের অংশবিশেষের ফটোগ্রাফ লইযাও এই কৌণিক গতির অস্তিত্ব জানা গিযাছে। প্রায ২২ বৎসর সমযের ব্যবধানে গৃহীত ফটোগ্রাফ হইতে Barnard's star নামক নক্ষত্রের কৌণিক গতি নির্ণয করা হইযাছে। আবার নক্ষত্র হইতে প্রাপ্ত আলোর রশ্মি বিশ্লেষণ (spectrum) করিযা এবং Doppler effect নামক বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির সাহায্যে নক্ষত্রের সরল গতির পরিমাণ নির্ণয করা যায। নক্ষত্রের আলোর রশ্মিকে বিশ্লেষণ করিলে কতকগুলি লাইন (রেখা) পাওযা যায। সরল গতির জন্য এই

আলোময় বলা হইবে। সূর্যকে +4 8 শ্রেণীভুক্ত করা হইয়াছে এবং সিরিয়াস্ নক্ষত্রের শ্রেণী 1 কিন্ত সিরিয়াস্ ২০টি সূর্যের চেয়ে আলোময়। নীল রংয়ের নক্ষত্রগুলি সূর্য অপেক্ষা 100 গুণ বেশী আলোময় এবং সূর্য সাধারণ লাল রংয়ের নক্ষত্রগুলি অপেক্ষা প্রায় ঐ পরিমাণে বেশী আলোময়। লাল রংয়ের নক্ষত্রগুলি দুই প্রকারের। ইহাদের কতকগুলি সূর্য অপেক্ষা অধিক আলোময় বলিয়া ইহাদিগকে "Giant star" বলা হয় এবং যেগুলি অপেক্ষা সূর্য অধিক আলোময় সেগুলিকে "Dwarf star" বলা হয়। Arcturus এবং Capella সূর্য অপেক্ষা অনেক বেশী আলোময়।

১৬৪ নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল (Stellar atmosphere)

নক্ষত্রের বায়ুমণ্ডল সম্বন্ধে জানিতে হইলে ইহার আলো বিশ্লেষণ করিয়া বিশ্লেষিত আলোর ফটোগ্রাফ হইতে যাবতীয় জ্ঞান লাভ করিতে হয়। ইহা পদার্থ বিজ্ঞানের একটি শাখা।

১৬৫ পরিবর্তনশীল নক্ষত্র (Variable stars)

কতকগুলি নক্ষত্রের উজ্জ্বলতার তারতম্য হইতে দেখা যায়। কখনও কখনও অন্যপ্রকারেও নক্ষত্রের অবস্থার তারতম্য হইতে পারে। এ পর্যন্ত আমাদের ছায়াপথে 14,708টি পরিবর্তনশীল নক্ষত্রের ক্যাটালগ প্রস্তুত করা হইয়াছে। পরিবর্তনশীল নক্ষত্রগুলিকে প্রধানতঃ তিনটি ভাগে ভাগ করা হইয়াছে যথাঃ eclipsing, pulsating এবং eruptive নক্ষত্র।

Pulsating নক্ষত্র : অনেক Giant নক্ষত্রের উজ্জ্বলতার তারতম্য ঘটিবার কারণ এই যে নক্ষত্রগুলি আয়তনে সঙ্কুচিত এবং প্রসারিত হইয়া থাকে। Delta Cephei একটি pulsating নক্ষত্র। ছায়াপথে এইরূপ আরও 500টি নক্ষত্র দেখা গিয়াছে। Polaris, Eta Aquilae, Zeta Geminovum এবং Beta Doradus প্রভৃতি নক্ষত্র ইহাদের অন্তর্ভুক্ত। Otto struve প্রমুখ পণ্ডিতদের মতে এই সমস্ত নক্ষত্রের ভিতরের অংশ সঙ্কুচিত হওয়ায় একপ্রকার ঢেউ সৃষ্টি হয়। এই ঢেউ বাহিরে বহিবার সময় photosphere এ অবস্থিত গ্যাসে ভীষণ আলোড়ন

সৃষ্টি করে এবং ফলে নক্ষত্র হইতে প্রাপ্ত রশ্মির বিশ্লেষণ ফটোগ্রাফে পরিবর্তন লক্ষ্য করি। সর্বনিম্ন এবং সর্বাধিক উজ্জ্বলতার মাঝামাঝি সময়ে আলো রশ্মিতে ফটোগ্রাফে হাইড্রোজেন লাইনের যে অবস্থান, দেখা যায় উহাকে সর্বাধিক উজ্জ্বলতার সময় সরিয়া যাইতে দেখা যায়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে ঐ সময় নক্ষত্রের photosphere-এর গ্যাস প্রসারিত হইয়া বাহিরে আসে।

Eruptive নক্ষত্র : কতকগুলি নক্ষত্র সময় সময় আকস্মিকভাবে উজ্জ্বল হইয়া উঠে এবং পরে আস্তে আস্তে পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যায়। ইহাদিগকে Nova বলে। যেমন Nova Aquilae 1918 অর্থাৎ 1918 খ্রীষ্টাব্দে Aquilae রাশির (Constellation) মধ্যে এই নক্ষত্রটিকে প্রথম দেখা গিয়াছিল। আমাদের Galaxy-তে প্রায় 100টি Nova আবিষ্কৃত হইয়াছে। ইহাদের মধ্যে ছায়াপথেই প্রায় 25টি Nova পাওয়া গিয়াছে। বর্তমান শতাব্দীতে 5টি Nova প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্রের অন্তর্ভুক্ত হইয়াছে। Nova Persei 1901, Nova Aquilae 1918, Nova Pictoris 1925, Nova DQ Herculis 1934 এবং Nova CP Puppis 1942, নক্ষত্রগুলি Rigel, Spica এবং Deneb-এর মত উজ্জ্বল দেখা গিয়াছিল।

Nova-গুলি সাধারণতঃ সূর্য অপেক্ষা আয়তনে ছোট। ইহাদের উজ্জ্বলতা প্রায় 60,000 গুণ বৃদ্ধি পাইতে পারে। তারপর আস্তে আস্তে স্বাভাবিক অবস্থায় ফিরিয়া আসিতে প্রায় 20 হইতে 40 বৎসর সময় লাগে। কতকগুলি Nova একাধিকবার প্রজ্বলিত হইয়া থাকে। ইহাদিগকে Recurrent Novae বলে। যেমন Nova T Coronae Borealis 1866 খ্রীস্টাব্দে প্রজ্বলিত হইয়া দ্বিতীয় শ্রেণীর নক্ষত্রে পরিণত হইয়াছিল এবং প্রায় দুই মাস সময়ের ব্যবধানে সঙ্কুচিত এবং নিষ্প্রভ হইয়া প্রায় নবম শ্রেণীর নক্ষত্রের রূপ ধারণ করে। এই নক্ষত্রই আবার 1946 খ্রীস্টাব্দে প্রজ্বলিত হইয়া তৃতীয় শ্রেণীর নক্ষত্রের রূপ গ্রহণ করে। সেইরূপ Nova R S Ophiuchi যথাক্রমে 1898 এবং 1933 খ্রীস্টাব্দে দ্বাদশ শ্রেণীর অদৃশ্য নক্ষত্রের অবস্থা হইতে প্রজ্বলিত হইয়া চতুর্থ শ্রেণীর

নক্ষত্রের রূপ ধারণ করে। আজকাল মনে করা হয় যে Nova-গুলি অত্যধিক তাপ বিকিরণ করিয়া আস্তে আস্তে নিস্তেজ হইয়া আসিতেছে। এই অত্যধিক তাপ বিকিরণের পূর্বমুহূর্তে আকারে এই নক্ষত্রগুলি অতি-কায় রূপ ধারণ করিয়া বিকিরণ এলাকা বিস্তৃত করিয়া থাকে। 1918 খ্রীস্টাব্দে যে Nova Aquilaeকে তেজস্বী হইতে দেখা যায়, সেই Nova এর বহিরাবরণের ফটোগ্রাফ হইতে উপরোক্ত ধারণা করা হইয়াছে।

আমাদের Galaxy-তে কতকগুলি বিস্ফোরণশীল অতিকায় নক্ষত্রের পরিচয় পাওয়া গিয়াছে। এই সমস্ত অতিকায় নক্ষত্রকে Super nova বলে। যখন তাহাদের বিস্ফোরণ ঘটে তখন তাহারা সূর্য অপেক্ষা লক্ষ লক্ষ গুণ জ্যোতির্ময় হইয়া থাকে এবং মহাশূন্যে এত গ্যাস ও উত্তপ্ত ভস্ম ছড়াইয়া দেয় যে সেই গ্যাসের পরিমাণ সূর্যের বস্তুর পরি-মাণকে ছড়াইয়া দেয়। গত 2000 বৎসরে প্রায় 6 অথবা 7টি Super nova এইভাবে বিস্ফোরিত হইয়াছে। আমাদের আকাশের ছায়াপথে (Milkyway) প্রতি 30 হইতে 60 বৎসরে একটি করিয়া Super nova-এর বিস্ফোরণ ঘটে। খ্রীষ্টীয় 1572 অব্দে Tycho Brahe নামক ডেনমার্কের জ্যোতির্বিদ Cassiopeia নক্ষত্রের এইরূপ বিস্ফোরণ লক্ষ্য করিয়াছিলেন। সেই সময় ইহা শুক্র গ্রহের (venus) মত উজ্জ্বল হইয়া উঠিয়াছিল এবং অবশেষে 1574 খ্রীস্টাব্দে আবার নিষ্প্রভ হইয়া নগ্ন চোখের দৃষ্টিতে অদৃশ্য হইয়া যায়।

Crab Nebula : নামে বৃশ্চিক আকারের একটি নেবুলা Taurus রাশিতে (Constellation of Taurus) অবস্থিত একটি Super nova-এর নিকটে বিস্ফোরিত হইয়া গড়ে প্রতি বৎসর প্রায় 0″2 কৌণিক ব্যবধানের গতিতে বৃদ্ধি পাইতেছে। Nebula-টির ব্যাস প্রায় 6′ মিনিট। 3500 আলো বৎসর দূরে অবস্থিত Nebula-টির প্রকৃত ব্যাস 6 আলো-বৎসরের সমান। Nebula-টির পার্শ্বস্থিত Supernova চীন দেশীয় জ্যোতির্বিদেরা 1054 খ্রীস্টাব্দের জুলাই মাসে আবিষ্কার করেন। লোহিতবর্ণের (red light) আলোর রশ্মি ব্যবহার করিয়া Nebula-টির ফটোগ্রাফ গ্রহণ করা হইয়াছে।

১৬.৬. দ্বিত্ব নক্ষত্র (Binary stars বা Double stars)

আকাশে এমন কতকগুলি নক্ষত্র আছে যে নগ্ন চোখে তাহাদের প্রত্যেকটিকে দেখিলে একটি মাত্র নক্ষত্রই মনে হয় কিন্তু টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায় যে প্রত্যেকটি প্রকৃতপক্ষে দুইটি নক্ষত্রের সমষ্টি। Great Dipper রাশির অন্তর্গত Mizar নক্ষত্রটি একটি Double star বা দুইটি নক্ষত্রের সমষ্টি। কোন কোন নক্ষত্রের আলোর বিশ্লেষণ-ফটোগ্রাফ অনুসন্ধান করিয়া জানা গিয়াছে যে তাহারা টেলিস্কোপে Double star রূপে দেখা না দিলেও প্রকৃতপক্ষে তাহারা Double star এই সমস্ত নক্ষত্রের বিশ্লেষণ-ফটোগ্রাফের লাইনগুলি নিয়মিত সময়ে (periodically) ইতঃস্তত নড়াচড়া করে। এ পর্যন্ত 40,000 double star-এর অনুসন্ধান পাওয়া গিয়াছে। এই সমস্ত double star-দের কোন কোনটির এমন বৈশিষ্ট্য আছে যে একটি double star-এর একাংশ অপরাংশকে কেন্দ্র করিয়া আবর্তন করে। যখন double star এর একাংশের আবর্তন-পথ আমাদের দৃষ্টিপথের রেখায় পড়ে তখন আমরা টেলিস্কোপে একটা অংশই দেখি এবং অপরাংশ আচ্ছন্ন থাকে। এই জন্য এমন double star-কে eclipsing star বলে। প্রায় 2500টি eclipsing নক্ষত্রের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা হইয়াছে। টেলিস্কোপে যে সমস্ত double star-কে দুই অংশে বিভক্ত অবস্থায় দেখা যায় তাহাদিগকে visual binary বলে। যে সমস্ত double star এর অস্তিত্ব আলোর বিশ্লেষণের সাহায্যে ধরা পড়ে তাহাদিগকে spectroscopic binary বলে। Binary নক্ষত্রসমূহের সৃষ্টি রহস্য সম্বন্ধে পণ্ডিতদের নানা প্রকার মতভেদ আছে। Jeans, Eddington প্রভৃতি বৈজ্ঞানিকদের মতে binary star প্রথমে একক অবস্থায় ছিল। তারপর আপন মাধ্যাকর্ষণের চাপে নক্ষত্রটি সঙ্কুচিত হইতে আরম্ভ করে। এই সময় অন্তর্ভাগ আকস্মিক সঙ্কোচনের ফলে বহির্ভাগের আবরণ হইতে পৃথক হইয়া যায়। এই বহিরাবরণ পরে জমাট বাঁধিয়া অপর একটি নক্ষত্রে পরিণত হয়। এইভাবে একটি নক্ষত্র হইতে সৃষ্ট দুইটি নক্ষত্র পরস্পরকে কেন্দ্র করিয়া আবর্তন করিতে থাকে।

Eclipsing নক্ষত্রদের মধ্যে Algol বা Demon star-টি 1783 খ্রীস্টাব্দে সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত হয়। অনুসন্ধান করিয়া দেখা যায় যে প্রতি 2 দিন 21 ঘণ্টা পর পর নক্ষত্রটির আলোর উজ্জলতা কমিয়া আসে। আলোর ফটোগ্রাফের সাহায্যে প্রমাণ করা হয় যে নক্ষত্রের চারিদিকে আর একটি নক্ষত্র আবর্তন অবস্থায় যখন টেলিস্কোপের দৃষ্টি-পথে বাধা সৃষ্টি করে তখনই প্রথম নক্ষত্রের উজ্জলতা কমিয়া আসে। এই আবর্তনকাল 2 দিন 21 ঘণ্টা। Algol নক্ষত্রের উজ্জলতর নক্ষত্রটি সূর্যের চেয়ে 27 গুণ বড়। অপর অংশটি সূর্য অপেক্ষা তৃতীয় শ্রেণীর নিম্ন স্তরের নক্ষত্র কিন্তু ইহার ব্যাস অপরাংশের ব্যাসের চেয়ে $\frac{1}{8}$ বেশী। উভয় নক্ষত্রের কেন্দ্রদ্বয় প্রায় 1.3 কোটি মাইল দূরে অবস্থিত।

১৬৭ নক্ষত্র-"পুঞ্জ" (Star Clusters)

আকাশের অংশবিশেষে দেখা যায় যে কতকগুলি নক্ষত্র অন্য অংশের নক্ষত্রগুলির তুলনায় অপেক্ষাকৃত কাছাকাছি অবস্থান করিয়া এক একটি "পুঞ্জ" (Cluster) সৃষ্টি করিয়াছে। একটি নক্ষত্রপুঞ্জের নক্ষত্রগুলির গোষ্ঠীগত গতিবিধির প্রকৃতি লক্ষ্য করিয়া বৈজ্ঞানিকেরা মনে করেন যে আদিকালে এক একটি বিশাল গ্যাসের পিণ্ড বা মেঘ হইতে এক একটি নক্ষত্রপুঞ্জ একই সময়ে সৃষ্ট হইয়াছে। একটি নক্ষত্রপুঞ্জের নক্ষত্রগুলি মোটামুটি সূর্য হইতে একই দূরে অবস্থিত এবং তাহাদের বয়স একইরূপ (যদিও তাহাদের আয়তন সকলক্ষেত্রে একরূপ নহে)। আমাদের Galaxy ছাড়া অন্যান্য Galaxy-তেও এমন "নক্ষত্র-পুঞ্জ" আছে।

নানা প্রকারের "নক্ষত্রপুঞ্জ" আছে। Perseus-এর "দ্বি-পুঞ্জ" (double cluster) আমাদের Galaxy নিকটে আছে বলিয়া এই নক্ষত্রপুঞ্জকে Galactic cluster বলে। ইহারা ছায়াপথের ভিতরে কিংবা পার্শ্বে অবস্থিত। Hercules রাশির অন্তর্গত M13 নামক নক্ষত্রপুঞ্জকে Globular নক্ষত্রপুঞ্জ বলে। এই প্রকার নক্ষত্রপুঞ্জ ডিম্বাকৃতি এবং Galactic cluster অপেক্ষা অধিক নক্ষত্রে সজ্জিত এবং অধিকতর উজ্জলতর। Taurus রাশির অন্তর্গত Pleiades বা Seven

sister নামক নক্ষত্রপুঞ্জ অনেকের নিকট পরিচিত। ইহার উজ্জ্বলতম নক্ষত্রগুলি নগ্ন চোখে দেখা যায়। V-আকারের Hyades নক্ষত্রপুঞ্জ, Coma Berenices নক্ষত্রপুঞ্জ, Cancer রাশির অন্তর্গত Praesepe (Beehive) নক্ষত্রপুঞ্জ Galactic cluster-এর অন্তর্গত এবং আমাদের ছায়াপথের ভিতরে অথবা পার্শ্বে অবস্থিত। ছায়াপথের ফটোগ্রাফে এই সমস্ত নক্ষত্রপুঞ্জের ছবি স্পষ্ট দেখা যায়। সূর্য হইতে প্রায় 20,000 আলো-বৎসরের দূরত্বের মধ্যে এই Galactic নক্ষত্রপুঞ্জগুলি ছড়াইয়া আছে। Ursa Major "নক্ষত্রপুঞ্জ"-এর ভিতর Great Dipper নামক উজ্জ্বল নক্ষত্র ছাড়া উক্ত রাশির অনেকগুলি স্বল্পোজ্জ্বল নক্ষত্র আছে। এই Galactic নক্ষত্রপুঞ্জ ছাড়া দ্বিতীয় শ্রেণীর গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ (Glubular cluster) আমাদের Galaxy-এর অনতিদূরে পাওয়া গিয়াছে। দক্ষিণ দিকের Omega Centauri নক্ষত্রপুঞ্জ উজ্জ্বল। উত্তর অঞ্চলের Hercules নক্ষত্রের নিকটে M 13 নামক গোলাকার নক্ষত্র-পুঞ্জ সর্বাধিক উজ্জ্বল। ইহা 45° স্থানীয় অক্ষাংশের অঞ্চলে গ্রীষ্মকালে সন্ধ্যাবেলায় আকাশে মেরিডিয়ানে প্রায় নগ্ন চোখে দেখা যায়। Serpens নক্ষত্রের নিকটে M5 নামক নক্ষত্রপুঞ্জটি এবং Sagittarius নক্ষত্রের নিকটে M 55 নামক নক্ষত্রপুঞ্জকেও কখনও কখনও দেখা যায়। M 13 নক্ষত্রপুঞ্জকে বৃহৎ টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখিলে বিশাল একটি chrysenthemum ফুলের মত মনে হইবে। ইহার ব্যাস প্রায় 160 আলো-বৎসরের মত এবং ইহার দূরত্ব 30,000 আলো-বৎসর। অনুমান করা হয় যে এই নক্ষত্রপুঞ্জে কমবেশী 500,000 নক্ষত্র আছে এবং এই নক্ষত্র-গুলির প্রত্যেকের মধ্যে সূর্যের চেয়ে বেশী বস্তুর পরিমাণ বিদ্যমান।

১৬৮ নেবুলা (Nebulae)

আকাশের স্থানে স্থানে খণ্ড খণ্ড মেঘের মত অস্পষ্ট আলোকিত অংশ চোখে পড়ে। এগুলিকে বৈজ্ঞানিকেরা (Nebula) নেবুলা নাম দিয়াছেন। ইহাদের কতকগুলি প্রকৃতপক্ষে নক্ষত্রপুঞ্জ বলিয়া প্রমাণ হইয়াছে। নক্ষত্র জগতের শূন্যস্থান ব্যাপিয়া যে গ্যাস ও ভস্মরাশি ছড়াইয়া

থাকে কিংবা কোন উত্তপ্ত নক্ষত্রকে ঘিরিয়া যে উত্তপ্ত গ্যাস নক্ষত্রকে আচ্ছন্ন করিয়া থাকে সেই গ্যাসকে আমরা নেবুলারূপে দেখি।

Orion Constellation-এ (কালপুরুষ) যে নেবুলার সন্ধান পাওয়া গিয়াছে তাহা এই রাশির অন্তর্গত সমরেখ তিনটি নক্ষত্রের নিকটে অবস্থান করিতেছে। টেলিস্কোপে ইহাকে সবুজ রংয়ের মেঘের মত দেখায়। ফটোগ্রাফের সাহায্যে দেখা যায় যে 1600 আলো-বৎসর দূরে অবস্থিত এই নেবুলা 26 আলো-বৎসর দূরত্ব ব্যাপিয়া বিস্তৃত স্থান অধিকার করিয়া আছে। নেবুলা হইতে আমরা যে আলো পাই প্রকৃতপক্ষে নেবুলার মধ্যস্থিত কোন নক্ষত্রের আলো দ্বারা উহা আলোকিত হয় বলিয়াই আমরা নেবুলাকে আলোকিত দেখি। আবার নেবুলার নিকটবর্তী কোন উত্তপ্ত নক্ষত্রের তাপে নেবুলার ভস্ম বা গ্যাস সর্বদাই বৈদ্যুতিক আয়নে (ion) পরিণত হয়। এই বৈদ্যুতিক পরিবর্তনের সময় যে আলো নির্গত (emission) হয় তাহাও নেবুলাকে আলোকিত করে। কালপুরুষের অন্তর্গত নেবুলার আলো এইভাবে আমাদের পৃথিবীতে আসে। কোন কোন নেবুলার নিকটে বা অভ্যন্তরে কোন নক্ষত্র নাই। এই সমস্ত নেবুলা সাধারণতঃ অন্ধকারাচ্ছন্ন। কিন্তু দূরের কোন নক্ষত্রের আলো যদি ক্ষীণ হইয়া আসে তাহা হইলে এই ক্ষীণ আলোর পটভূমিকায় আমরা অন্ধকারাচ্ছন্ন নেবুলাকে দেখিতে পাই।

১৬.৯ Galaxy—ছায়াপথ (Milkyway)

আমাদের আকাশের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্ত জুড়িয়া যে অস্পষ্ট ছায়ামিশ্রিত যে আলোর বেল্ট (belt) দেখা যায় তাহাকে ছায়াপথ (Milkyway) বলে। অসংখ্য নক্ষত্রের আলোকে আলোকিত এই ছায়াপথ গ্রীষ্মকালে উত্তর-পূর্ব হইতে দক্ষিণ-পশ্চিম দিকে আকাশের এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্ত পর্যন্ত জুড়িয়া থাকে। এই ছায়াপথের মধ্য এলাকা বরাবর একটা রেখা টানিলে ইহা প্রায় মহাগোলকের (celestial sphere) উপর মহাবৃত্তের (great circle) মত দেখায়। ছায়াপথটি মহাবিষুবের সহিত হেলানো অবস্থায় আছে। ইহা Perseus, Cassiopeia এবং Cepheus-এর মধ্য দিয়া গিয়াছে।

শীতকালেব শেষেব দিকে ছাযাপথ আকাশে উত্তব-পশ্চিম প্রান্ত হইতে দক্ষিণ-পূর্ব দিকেব প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত হয। ছাযাপথেব সর্বত্র বেল্টটির প্রস্থ একরূপ নহে। 1920 হইতে 1930 খ্রীস্টাব্দেব মধ্যে বৈজ্ঞানিকেবা আবিষ্কাব কবেন যে আমাদেব সৌবজগৎ ছাযাপথেব কেন্দ্রস্থল হইতে প্রায 30,000 আলো-বৎসবেব দূবত্বে অবস্থিত। আমাদেব Galaxy-তে প্রায 100,000,000,000 নক্ষত্রেব অস্তিত্ব অনুমান কবা হয। ইহাব গোলাকাব কেন্দ্র অঞ্চলেব উভব দিকে প্রায 80,000 আলো বৎসব বিস্তৃত অঞ্চল জুডিযা আছে। এই কেন্দ্র অঞ্চল হইতে উদ্ভূত spiral এব মত হইযা ছাযাপথেব অংশবিশেষ বাহিবে ছডাইযা পডিযাছে এই spiral অংশেব মধ্যে সূর্য এবং অন্যান্য অনেক বৃহৎ নক্ষত্র অবস্থান কবিতেছে। 1957 খ্রীস্টাব্দে ইটালীস্থ বোম শহবে জ্যোতির্বিদদেব এক কনফাবেন্স আহূত হয। সেই কনফাবেন্সে পণ্ডিতেবা Galaxy-তে অবস্থিত নক্ষত্রগুলিব প্রকাবভেদ আলোচনা কবিযা এক প্রামাণ্য তথ্যপূর্ণ বিপোর্ট বাহিব কবেন। পণ্ডিতদের মতে Galaxy-এব বহির্ভাগে অবস্থিত নক্ষত্রগুলি অপেক্ষাকৃত অধুনাকালে সৃষ্ট হইযাছে এবং কেন্দ্রস্থ নক্ষত্রগুলি অপেক্ষাকৃত পুবাতন কালে সৃষ্ট হইযা থাকিবে।

যদি ছাযাপথেব কেন্দ্রাঞ্চলেব ববাবব মহাবৃত্তকে মূল ধবিযা উহাব পোলবিন্দুদ্বয হইতে মহাবৃত্তটিব দিকে ক্রমশঃ নক্ষত্র বসতিব ঘনত্ব লক্ষ্য কবা যায তাহা হইলে দেখা যাইবে যে পোল-অঞ্চলে বসতি বিবল অবস্থা বিবাজ কবে এবং ছাযাপথেব নিকটবর্তী এলাকায নক্ষত্রেব বসতি ক্রমেই ঘন হইযা আসিযাছে। ছাযাপথেব ববাবব নক্ষত্রেব ভিড দেখিযা মনে হয যেন আমাদেব Galaxy ছাযাপথেব পোল-বিন্দুব দিকে অনেকটা চ্যাপ্টা হইযা গিযাছে এবং ছাযাপথেব দিকে বেশী বিস্তৃত হইযাছে। ফলে যখন আমবা ছাযাপথেব দিকে লক্ষ্য কবি তখন প্রকৃতপক্ষে Galaxy-এব বহুদূব বিস্তৃত এলাকাব দিকে দৃষ্টিপাত কবিযা থাকি। ফলে অধিক সংখ্যক নক্ষত্রেব দিকে আমাদেব দৃষ্টি নিবদ্ধ হয। এইভাবে ছাযাপথেব বেল্ট দেখা যায।

Galaxy-এর কেন্দ্রাঞ্চলের উভয় পার্শ্বে একই সমতলে গ্যাসের কুণ্ডলীর মত Galaxy-এর দুইটি অংশ ছড়াইয়া পড়িয়াছে। 1951 খ্রীস্টাব্দে এই সত্য প্রমাণিত হয় যে বহির্বিশ্বের অন্যান্য Galaxy-এর মতই আমাদের Galaxy-র চেহারা কুণ্ডলীবৎ।

Galaxy-র কেন্দ্রিয় অংশ চ্যাপ্টা। ইহা হইতে মনে হয় যে Galaxy আবর্তন রত অবস্থায় আছে। সূর্যের নিকটবর্তী প্রায় সকল নক্ষত্রই কমপক্ষে ২০ কিলোমিটার/সেঃ গতিতে মহাশূন্যে স্থান পরিবর্তন করিতেছে। ইহা ছাড়া কিছু সংখ্যক নক্ষত্র প্রায় সেকেণ্ডে 60 কিলো-মিটার বেগে স্থান পরিবর্তন করিতেছে। এই সমস্ত নক্ষত্র Galaxy-র আবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতেছে। বর্তমান কালে Radio Astronomy-র সাহায্যে Galaxy সম্বন্ধে অনেক নূতন তথ্য জানা সম্ভব হইয়াছে। Galaxy-র আবির্ভাব সম্বন্ধে পণ্ডিতদের মত এই যে বিলিয়ন বিলিয়ন বৎসর পূর্বে এক প্রকাণ্ড অগ্নিময় বিস্ফোরিত হাইড্রোজেন গ্যাসের বিশাল এক মেঘ প্রথমে আপন কেন্দ্রের চারিদিকে আবর্তন করিতে আরম্ভ করে। আদি মেঘ ক্রমে কিছুটা ঘনীভূত হইয়া আসিবার সময় হঠাৎ ভাঙ্গিয়া অসংখ্য ক্ষুদ্রাকার মেঘের সৃষ্টি হয়। এই মেঘগুলি আদি মেঘের আবর্তন তলের বরাবর আবর্তন করিতে থাকে। ইহারা পরে ঠাণ্ডা এবং ঘনীভূত হইয়া Galaxy-র সৃষ্টি করে। Galaxy সৃষ্ট হওয়ার পরও যে সমস্ত মেঘ অবশিষ্ট রহিয়া গিয়াছিল তাহারা নানা প্রকার নক্ষত্রের cluster-এ পরিণত হয়।

১৬.১০. বহির্বিশ্বের Galaxy

পৃথিবীর বৃহত্তম টেলিস্কোপের সাহায্যে মানুষ মহাশূন্যের যতদূর পর্যন্ত দেখিতে সমর্থ হইয়াছে তাহাতে একাধিক Galaxy-র সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। আমাদের Galaxy-র বাহিরে আরও অনেক Galaxy আছে। ইহাদের কোনটি উপবৃত্তাকার (elliptic), কোনটি কুণ্ডলীবৎ এবং কোন কোনটি বিষমাকৃতি বিশিষ্ট। উপবৃত্তাকার Galaxy-গুলি দেখিতে (টেলিস্কোপের সাহায্যে) elliptic থালার মত মনে হয়। এই Galaxy-গুলি নক্ষত্রসমূহের সমষ্টি। উহারা স্বচ্ছ এবং উহাদের

চারিদিকে কোন ভস্ম দেখা যায় না। নক্ষত্রগুলি থালার কেন্দ্রস্থলে বেশী ঘনীভূত হইয়া থাকে। কুণ্ডলীবং Galaxy-গুলির কেন্দ্রাঞ্চল চশমার লেন্সের মত কিন্তু এই লেন্সের উভয় দিক হইতে নক্ষত্র স্রোত নির্গত হইয়া কেন্দ্রাঞ্চলকে কয়েকবার একইভাবে বেষ্টন করিয়া আছে। হাতের মত বাহিরের নক্ষত্র-স্রোত অপেক্ষা কেন্দ্রস্থল বেশী আলোময় এবং অধিক নক্ষত্রে সজ্জিত। The great spiral of Andromeda M13 নামক Galaxyটি Andromeda নক্ষত্রের অবস্থানের দিকে দেখা যায় (অবশ্য টেলিস্কোপের সাহায্যে)। ইহাই বোধ হয় আমাদের Galaxy-র বাহিরে নিকটতম Galaxy। নগ্ন চোখে অস্পষ্ট ছোট এক টুকরা মেঘের মত Galaxy-টিকে দেখা যায়। ইহা Galaxy-র কেন্দ্রস্থল। অস্পষ্ট ধারের অংশের ফটোগ্রাফ সহজেই গ্রহণ করা যায়। প্রায় 22,00,000 আলো বৎসর দূরে অবস্থিত এই Galaxy 180,000 আলো বৎসর স্থান জুড়িয়া বিস্তৃত হইয়া আছে। এই কুণ্ডলীবং Galaxy-র আশেপাশে অনেক star-cluster বা নক্ষত্রপুঞ্জের অস্তিত্ব আবিষ্কার হইয়াছে।

Andromeda galaxyটি আমাদের Galaxy অপেক্ষা বড় হইলেও অন্যান্য বিশেষত্বে আমাদের Galaxy-র সহিত ইহার সাদৃশ্য আছে। আমাদের Milkyway বা ছায়াপথের কিছু কিছু তথ্য দূরবর্তী এই Galaxy-র জ্ঞান হইতে আহরণ করার প্রচেষ্টা চলিতেছে।

কতকগুলি Galaxy-কে আমরা (টেলিস্কোপের ভিতর দিয়া) শুধু মাত্র এক ধার হইতে (edgewise) দেখিতে পাই। এই সমস্ত Galaxy-কে Edgewise spiral বলে। এই সমস্ত Galaxy-র কেন্দ্রস্থলকে চ্যাপ্টা দেখা যায়। ইহা ছাড়া অনেক ক্ষেত্রে Galaxy'র মাঝখানে একটা কাল streak লক্ষ্য করা গিয়াছে।

১৬.১১ The Magellanic clouds

দক্ষিণ মেরুতে ধ্রুবনক্ষত্রের নিকটে বহির্বিশ্বের দুইটি Galaxy নগ্ন চোখে দেখা যায়। Ferdinand Magellan নামক নাবিক সর্ব

প্রথম এই Galaxy দুইটি লক্ষ্য করেন বলিয়া ইহাদিগকে The Magellan clouds বলে। ইহাদের মধ্যে বৃহত্তর Galaxyটি Dorado রাশির নিকটে প্রায় 150,000 আলো বৎসর দূরে 32,000 আলো বৎসর ব্যাস বিস্তৃত স্থান জুড়িয়া আছে। Galaxy দুইটি বিষমাকৃতির Galaxy-সমূহের অন্তর্ভুক্ত।

আমাদের Galaxy-তে যেমন Nova এবং Supernova-কে মাঝে মাঝে বিস্ফোরিত হইতে দেখা যায় তেমনি বহির্বিশ্বের Galaxy-গুলিতেও Nova এবং Supernova-র বিস্ফোরণ ঘটে। 1929 খ্রীস্টাব্দ পর্যন্ত বৈজ্ঞানিক Hubble, Andromeda-র M31 Galaxy-র অন্তর্গত 82 novae-র সন্ধান পাই। বহির্বিশ্বের Galaxy-তে যে সমস্ত Super nova-র অনুসন্ধান পাওয়া গিয়াছে তাহারা সূর্য অপেক্ষা আয়তনে এবং বস্তুর পরিমাণে অনেক বড়। অনুমান করা হয় যে প্রত্যেক Galaxy তেই প্রতি 200 বৎসরে অন্ততঃ একটি করিয়া Supernova-র বিস্ফোরণ ঘটিয়া থাকে।

Galaxy হইতে প্রাপ্ত আলোকের বিশ্লেষণ-ফটোগ্রাফে লোহিত বর্ণের আলোকের স্থান পরিবর্তন (red shift) লক্ষ্য করা গিয়াছে। বৈজ্ঞানিক Hubble বর্ণের স্থান পরিবর্তনের সহিত Galaxy-র দূরত্ব এবং সরল গতির মধ্যে একটি সম্বন্ধ খুঁজিয়া পান। এই স্থান পরিবর্তন Doppler effect এর জন্য সংঘটিত হয় এবং যে সরল গতির জন্য এই স্থান পরিবর্তন দেখা যায় তাহার পরিমাণ প্রতি সেকেণ্ডে 700 হইতে 38,000 মাইলের মধ্যে। এই লোহিত বর্ণের আলোর স্থান পরিবর্তনের সহিত ক্রমবর্ধমান বিশ্বের (expanding universe) সম্বন্ধ আছে বলিয়া বৈজ্ঞানিকগণ মনে করেন। তাঁহারা মনে করেন যে বিশ্ব ক্রমশঃ বাড়িয়াই চলিয়াছে। Galaxy-গুলির দূরত্ব বৃদ্ধির সহিত ইহাদের বর্ণ ক্রমশঃ লোহিত হইয়া যাওয়া হইতেও ক্রমবর্ধমান বিশ্বের কল্পনা করা হয়। কেম্ব্রিজ বিশ্ববিদ্যালয়ের বৈজ্ঞানিক Fred Hoyle-এর মতে বিশ্বে অবিরত নূতন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইতেছে এবং ঘনত্বের (density) সহিত সংগতি রক্ষার জন্য সেই অনুপাতে বিশ্বও ক্রমশঃ বাড়িয়া যাইতেছে। এরূপ বিশ্বের শেষ নাই এবং আরম্ভ নাই।

সপ্তদশ অধ্যায়

জ্যোতিষ্কের সহিত পরিচয়

১৭.১. ভূমিকা

আমরা এই অধ্যায়ে আমাদের নূতন পাঠকের সুবিধার্থে আকাশের চির পরিচিত জ্যোতিষ্কগুলির অবস্থান এবং উহাদের সন্ধান পাইবার উপায় সম্বন্ধে বর্ণনা করিব। রাতের মেঘমুক্ত আকাশে আমরা যে অপূর্ব তারকা রাশির শোভা দেখিতে পাই তাহা পুরাতনকাল হইতেই মানুষকে বিস্ময়ে অভিভূত করিয়া রাখিয়াছে। আকাশের দিকে তাকালে কয়েক সহস্র তারকা বা নক্ষত্র আমাদের দৃষ্টিপথে আসে। শুধুমাত্র একটি "বাইনোকুলার" (Binocular)-এর সাহায্যে আমরা সহজেই আকাশের বিভিন্ন "রাশি" (Constellation) এবং নক্ষত্রগুলিকে চিনিতে পারি। এমন কি বাইনোকুলার ছাড়াও খালি চোখে অনেক নক্ষত্রের অবস্থান নির্ণয় করিতে পারি। আমরা এই অধ্যায়ে পর্যায়ক্রমে নক্ষত্রগুলির সহিত পাঠককে পরিচয় করিয়া দিব।

১৭.২. নক্ষত্রের নামকরণ

সুবিধার জন্য নক্ষত্রগুলিকে কতকগুলি গ্রীক অক্ষরের দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে। যদিও নক্ষত্রের উজ্জ্বলতার উপর ভিত্তি করিয়া ক্রমিক সংখ্যার সাহায্যে তাহাদের প্রকারভেদ করা হইয়াছে এবং অনেকগুলি নক্ষত্রের নিজস্ব নামও আছে তথাপি সহস্র সহস্র নক্ষত্রগুলির ক্যাটালগ তৈয়ার করিতে গেলে এত নাম পাওয়া সম্ভব নহে। সেইজন্য 1603 খ্রীস্টাব্দে জার্মান জ্যোতির্বিদ Bayer নক্ষত্রগুলিকে স্বীয় "রাশিচক্রে" উজ্জ্বলতার তারতম্যানুসারে α, β, γ ইত্যাদি চিহ্ন দ্বারা ক্যাটালগভুক্ত করিয়াছিলেন। যেমন রাশিচক্রের উজ্জ্বলতম নক্ষত্র হইতে আরম্ভ করিয়া অধঃক্রমানুসারে α, β, চিহ্নে চিহ্নিত করেন। Canis Major এর উজ্জ্বলতম নক্ষত্র Sirius-কে α-Canis Major বলা হয়। পুরাতন কালে

নক্ষত্রগুলিকে কতকগুলি "গ্রুপে" ভাগ করা হইয়াছিল এবং প্রত্যেক গ্রুপকে কোন "দেবতা" (mythological god) অথবা "বীর" (hero—Orion, Perseus, Cepheus) কিংবা কোন জন্তুর (Great Bear, Leon বা Leo) নামের সহিত সংযুক্ত করা হইত। 120 হইতে 180 খ্রীস্টাব্দের মধ্যবর্তী সময়ে Ptolemy (টলেমী) নামক গ্রীক জ্যোতির্বিদ এক গ্রন্থ প্রণয়ন করেন। এই গ্রন্থের আরবী নাম "Almagest"। ইহাতে 48টি "রাশি" (constellation)-এর ক্যাটালগ প্রস্তুত করা হইয়াছিল। এক্ষণে এই তালিকা আরও বাড়ানো হইয়াছে। আমরা প্রথমে উত্তরাকাশের 15 টি উজ্জ্বলতম নক্ষত্রের এবং সেই সঙ্গে রাশিগুলির তালিকা (আংশিক) সন্নিবেশিত করিব।

নক্ষত্র	রাশি	রং	দূরত্ব (আঃ বঃ)	সূর্যের তুলনায় অগ্নিময়
Sirius	Canis Major	সাদা	8.6	26
Arcturus	Bootes	কমলা	36	80
Vega	Lyra	নীল	26	52
Rigel	Orion	সাদা	900	50,000
Capella	Auriga	হলুদ	45	140
Procyon	Canis Minor	হলুদ (হাল্কা)	11	7
Altair	Aquila	সাদা	16	10
Aldebaran	Taurus	কমলা	68	90
Behelgeux	Orion	লাল (হাল্কা)	520	5000
Anlores	Scorpio	লাল	520	5000
Spica	Virgo	সাদা	220	2400
Fomalhaut	Piscis Australis	সাদা	23	23
Polux	Gemini	কমলা	35	25
Deneb	Cygnus	হলুদ (হাল্কা)	1600	50,000
Regulus	Leo	সাদা	84	140

রাশির তালিকা (আংশিক)

ল্যাটিন নাম	ইংরাজী ও বাংলা নাম	ল্যাটিন নাম	ইংরাজী ও বাংলা নাম
Andromeda	Andromeda	Crator	Cup
Aquarius	Water-bearer	Cygnus	Swan
Aquila	Eagle	Delphinus	Dolphin
Aries	Ram (মেষ)	Draco	Dragon
Auriga	Charioteer	Equuleus	Little Horse
Bootes	Herdsman	Gemini	Twinis
Camelopardus	Giraffe	Hercules	Hercules
Cancer	Crab	Hydra	Sea-Serpent
Canes Venatici	Huntingdogs	Leo	Lion
Canis Major	Great Dog	Libra	Scales
Canis Minor	Little Dog	Lynx	Lynx
Capricornus	Sea goat	Lyra	Lyre
Cassiopeia	Cassiopeia	Orion	Orion (কালপুরুষ)
Cepheus	Cepheus	Perseus	Perseus
Cetus	Whale	Pisces	Fishes (মৎস্য)
Coma Berenices	Berenice's Hair	Sagittarius	Archer
Corona Borealis	North Crown	Scorpio	Scorpion (বৃশ্চিক)
Cornus	Crow	Taurus	Bull (বৃষ)
		Ursa Major or Minor	Great or Small Bear
		Virgo	Virgon

১৭৩· অস্তহীন নক্ষত্র (Circumpolar stars)

কোন অজানা শহরের সহিত পরিচিত হইতে হইলে প্রথমে কয়েকটি প্রধান বস্তুকে খুজিয়া লইতে হয় এবং উহাদিগকে মূল হিসাবে লইয়া শহরের অন্যান্য স্থান সমূহের জ্ঞান লাভ করিতে হয়। আকাশেও

সেইরূপ সহজেই চেনা যায় এমন কতকগুলি অঞ্চলকে বাছিয়া লইতে হয়। আমাদের আকাশে Ursa Major (Great Bear) অতি প্রয়োজনীয় নক্ষত্রমণ্ডল কেননা ইহা কখনই অস্ত যায় না এবং রাত্রিকালে যে-কোন সময়ে উত্তরাকাশে ইহাকে দেখিয়া সহজেই চেনা যায়। অপর একটি হইল "কালপুরুষ" (Orion)। ইহার তিনটি সমরেখ (collinear) নক্ষত্র কখনই কেহ দেখিতে ভুল করিবে না। কালপুরুষ শীতকালে আমাদের আকাশে থাকে। প্রথমে আমরা উত্তরাকাশে "অস্তহীন" (circumpolar) নক্ষত্রমণ্ডলের দিকে লক্ষ্য করি।

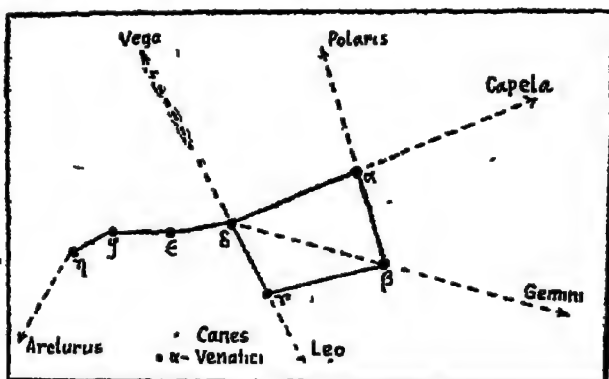
(ক) URSA MAJOR (Great Bear)

ইহা অতি পুরাতন একটি "রাশি" (constellation) এবং Ptolemy-র তালিকাভুক্ত 48 টি রাশির মধ্যে একটি। রূপকথায় "Ursa Major-এর নাম ছিল Callisto। যে Arcadia-র রাজা Lycaon-এর কন্যা Juno দেবীর সেবায় নিযুক্ত ছিল। তার রূপের জন্য সে দেবীর ঈর্ষাভাজন হয় এবং অবশেষে বৃহস্পতি (Jupitor) তাহাকে রক্ষা করিয়া ভল্লুকের রূপ দান করে। তারপর Callisto নিজ সন্তান Arcas কর্তৃক জঙ্গলে আক্রান্ত হয়। অবশেষে বৃহস্পতি Arcas-কেও "ছোট ভল্লুকে" (Little Bear) পরিণত করে এবং উভয় জন্তুকে আকাশে স্থান দেয়।

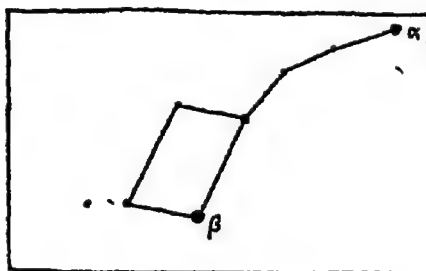
প্রধান নক্ষত্রগুলি

	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
ε Alioth	2	68
α-Dubhe	—.7	107
Jak ∀ηaid	—2.1	210
ζ-Mizar	.1	88
β-Merak	.5	78
γ-Phad	.2	90

উপরোক্ত ছয়টি নক্ষত্র মিলিয়া একটি লাঙ্গলের (The Plough) চেহেরা কল্পনা করা হইয়াছে। উহার হাতলে Binary নক্ষত্র ζ-Mizar

অবস্থিত। Dubhe একটি হাল্কা হলদে রংয়ের নক্ষত্র (বাইনোকুলারের সাহায্যে বুঝা যায়)। δ-Megrez নাকি Ptolemy-র সময় অন্য নক্ষত্রের মতই দেখাতো। গত 2000 বৎসরে ইহা কিছুটা নিষ্প্রভ হইয়া থাকিবে।

(খ) URSA MINOR (Little Bear)

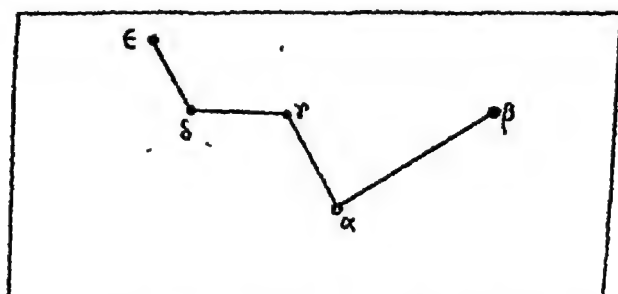
ইহাও Alamgest বর্ণিত একটি রাশি। এই রাশিতে Polaris নক্ষত্র (ধ্রুবতারা) অবস্থিত।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Polaris	—4 6	680
β-Kocab	—0 5	105

Ursa Minor সহজেই খুঁজিয়া বাহির করা যায়। Ursa Major এর দুইটি নক্ষত্র α-Dubhe এবং β-Merek-এর সংযোজক সরলরেখা

Polaris-এর দিকে গিয়াছে। Kocab-এর ঘন কমলা রং সহজেই ধরা যায়।

(গ) CASSIOPEIA

Almagest-এ বর্ণিত এই রাশিটি উত্তরাকাশের একটি অন্যতম রাশি। রূপকথায়—"রাজা Cepheus-এর পত্নী রাণী Cassiopeia অত্যন্ত অহঙ্কারী ছিল। তার মতে কন্যা Andromeda-র মত সুন্দরী মেয়ে আর কেহই ছিল না। এমনকি জলদেবীদের চেয়েও নিজ কন্যাকে সে সুন্দরী মনে করিত। ইহাতে জলদেবতা Neptune এক অতিকায় দৈত্যকে Cepheus এর রাজ্য ধ্বংস করিতে পাঠাইল। রাজা ও রাণী বিপদে পড়িয়া Oracle-এর শরণাপন্ন হইল। কিন্তু Oracle-এর কাছে তাহারা জানিতে পারিল যে Andromeda-কে শৃঙ্খলাবদ্ধাবস্থায় সমুদ্রের ধারে দৈত্যের মুখে ফেলিয়া না দিলে রাজ্যের কোন মঙ্গল নাই। যাহা হউক সৌভাগ্য-ক্রমে বীর Perseus-এর সাহায্যে Andromeda রক্ষা পাইল।"

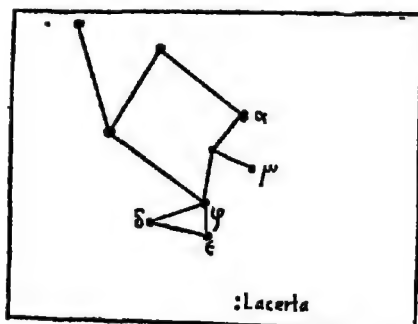
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Shedir	—1.1	156
β-Chaph	1.6	45
γ-Tsih	—0.3	96
δ-Ruchbah	2.1	73

ε সহ পাঁচটি নক্ষত্র W এর প্যাটার্ন সৃষ্টি করিয়াছে। Alioth—Polaris সংযোগ-কারী রেখার দিকে Cassiopeia অবস্থিত। খালি চোখে ইহাকে চিনিতে কোন কষ্ট হয় না।

Shedir একটি binary নক্ষত্র এবং ইহার সহচর অপেক্ষা সামান্য উজ্জ্বলতর। ছায়াপথ Cassiopeia-র মধ্য দিয়া গিয়াছে। বাইনোকুলারের সাহায্যে এই অঞ্চলে অসংখ্য নক্ষত্রমণ্ডলী দেখা যায়।

(ঘ) CEPHEUS

Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথায় "Cepheus, Cassiopeia-র স্বামী এবং Andromeda-র পিতা"। আকাশে স্ত্রীর মত উজ্জ্বল দেখায় না।

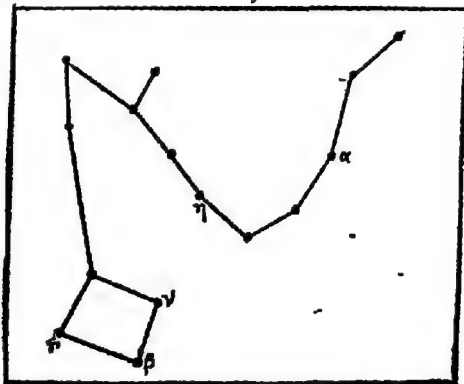
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Alderamin	1 4	52

:Lacerta

এই রাশির অংশবিশেষ Cassiopeia এবং Polaris-এর মধ্যে অবস্থিত। Cassiopeia-তে অবস্থিত Shedir এবং Tsih নক্ষত্রের সংযোগ রেখার দিকে এই রাশিকে পাওয়া যাইবে। δ-Cephei উহার প্রতিবেশী ζ এবং ϵ-এর সহিত ত্রিভুজ বর্ণনা করে। ζ এবং ϵ দুইটি সাধারণ নক্ষত্র কিন্তু δ Cephei একটি double star, আর একটি নক্ষত্রও (μ) একটি double star ইহাকে নগ্ন চোখে দেখা না গেলেও বাইনোকুলারের সাহায্যে ইহার লাল রংকে চমৎকার দেখায়।

(ঙ) DRACO (Dragon)

Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথায়—"Hesperides বাগানের পাহারায় নিযুক্ত ড্রাগনের কাজ ছিল সোনার আপেল রক্ষা করার। Hercules এসে এই ড্রাগনকে হত্যা করে।"

Draco রাশিটি আকাশে তেমন উজ্জ্বল দেখায় না। ইহার উজ্জ্বল নক্ষত্র γ এবং β, Lyra রাশির অন্তর্গত Vega নক্ষত্রের নিকটে অবস্থিত। রাশিটি Ursa Minor-এর চারিদিকে কুণ্ডলীবৎ আবর্তন করিয়া Dubhe এবং Polaris-এর মধ্যে শেষ হইয়াছে। ড্রাগনের মাথায় অবস্থিত ν নক্ষত্রটি একটি double star এবং বাইনোকুলারের সাহায্যে সহজেই ইহার সহচরকে দেখা যায়।

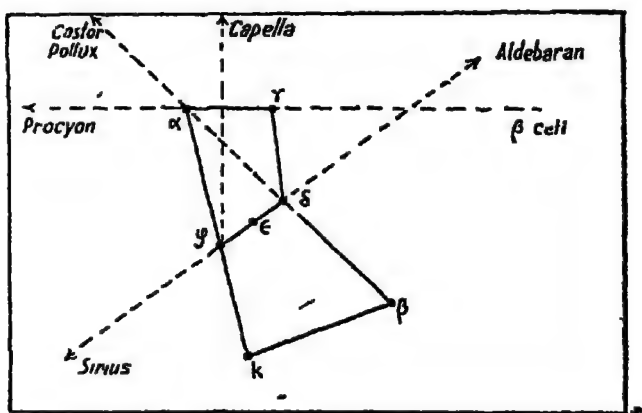
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
γ-Eltamin	—0.4	108
η Aldhibain	0.3	103
β-Alwaid	—2 1	310

১৭.৪· শীতকালীন নক্ষত্রসমূহ

নক্ষত্রের সহিত পরিচিত হইবার উৎকৃষ্ট সময় শীতকাল। Ursa Major ছাড়াও এই সময় "কালপুরুষ" (Orion) এবং সেই সঙ্গে আকাশের উজ্জ্বলতম নক্ষত্র Sirius এই সময় দেখা যায়। Orion-এর নক্ষত্রগুলি অত্যন্ত উজ্জ্বল। Orion হইতে আমরা অন্যান্য রাশিগুলি—Taurus (বৃষ), Gemini (কন্যা), Auriga, Capella সহজেই চিনিতে পারি।

Ursa Major উত্তর-পূর্বদিকে এবং Leo (সিংহ) রাশিতে অবস্থিত Regulus দিগন্ত রেখার উপরে দেখা যায়। Cassiopeia-র W এবং Pegasus-এর চতুষ্কোণ পশ্চিম আকাশে দেখা যাইবে। Vega উত্তর

আকাশে এবং অনতিদূরে Cygnus-এর উজ্জ্বল নক্ষত্র Deneb দেখা যাইবে। ছায়াপথ এই সময় Cygnus, Cassiopeia, Auriga, Orion এবং Gemini-র মধ্য দিয়া দক্ষিণ আকাশে বিস্তৃত হইয়া পড়ে। পশ্চিম দক্ষিণ অঞ্চল, Eridanus এবং Cetus কর্তৃক আচ্ছন্ন হইয়া থাকে।

(চ) ORION (কালপুরুষ)

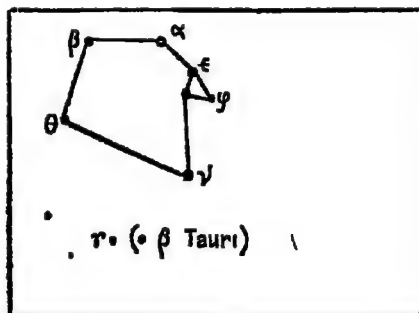
Almagest-এ বর্ণিত রাশি। রূপকথায়—"Orion একজন বিখ্যাত শিকারী ছিল। সে অহঙ্কার করিয়া বলিয়াছিল যে, সে যে কোন জন্তুকে পরাজিত করিতে সক্ষম। ইহাতে Juno ঈর্ষান্বিতা হইয়া এক বিশাল বৃশ্চিক সৃষ্টি করিয়া Orion-কে আক্রমণ করিতে প্রলুব্ধ করে। পরে Diana-র অনুরোধে Orion-কে আকাশে Scorpion-এর বিপরীত দিকে রাখিয়া রক্ষা করা হয়।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব	
β Rigel	—7 1	900	আলো বৎসর
α-Betelgeux	—5 6	520	,,
γ-Bellatrix	—4 2	470	,,

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব	আলো-বৎসব
ε-Alnilam	—6·8	1600	,,
ζ-Alnitak	—6·6	1600	,,
k-Saiph	—6·9	2100	,,
δ-Mintaka	—6·1	1500	,,
i—	—6·1	2000	,,

Orion প্রকৃতপক্ষে একটি বিচিত্র রাশি। Rigel এবং Betelgeux প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্র। Rigel সাদারংয়ের এবং Betelgeux-এর রং কমলামিশ্রিত লাল। Betelgeux-এব ব্যাস 250,000,000 মাইল এবং ইহাব আষতন পৃথিবী হইতে সূর্য পর্যন্ত যাবতীয় স্থান গ্রাস কবিবে। ইহাব উজ্জ্বলতা সকল সময একরূপ থাকে না। আযতনেব হ্রাস-বৃদ্ধিব জন্য নক্ষত্রটি হইতে তাপ বিকীর্ণ হইযা থাকে। ফলে উহাব উজ্জ্বলতাব তাবতম্য হয।

Betelgeux ছাডা এই রাশি মধ্যস্থ অন্যান্য নক্ষত্রগুলি অত্যন্ত উত্তপ্ত এবং সাদা রংযেব। বেল্টেব তিনটি নক্ষত্র (Alnilam, Alnitak এবং Mintaka) সকলেই সাদা এবং বৈচিত্র্যময। বেল্টেব নীচে কালপুরুষেব তরবারী। খালি চোখে ইহাকে একটি অস্পষ্ট কুযাশা খণ্ড বলে মনে হয। বাইনোকুলারের সাহায্যে দেখা যায যে এই অস্পষ্ট কুযাশা খণ্ডটি প্রকৃতপক্ষে উজ্জ্বলতম Orion-এব Nebula। আজকাল কল্পনা করা হয যে নেবুলা থেকেই নক্ষত্রেব সৃষ্টি হয। Orion-এর সাহায্যে অন্যান্য নক্ষত্র খুঁজে বাহির করা বেশ সহজ (চিত্র দেখুন)।

(ছ) AURIGA

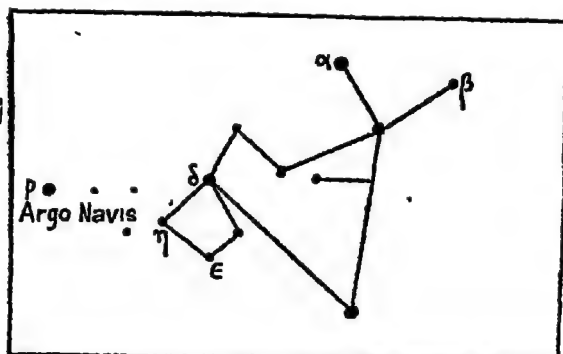
Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথায —"Vulcan-এব পুত্র Auriga জন্মেব সময হইতেই পঙ্গু ছিল। দেবতাদেব অলক্ষ্যে Minerva তাহাকে পালন করে। যৌবনে Auriga এথেন্সেব রাজা হয এবং চার অশ্ব চালিত গাডী (chariot) আবিষ্কার কবে। Jupiter খুশী হইযা তাঁহাকে আকাশে স্থান দেয।"

γ (β Tauri)

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Capella	—0·6	45
β-Menkarlina	—0·3	88
i	—2·4	330
θ	·1	108
ε	—7·1	3400
γ-Al-Nath	...	...

পূর্বকালের ম্যাপে γ Al-Nath-কে এই রাশির অন্তর্গত মনে করা হইত। এখন ইহাকে β-Tauri নাম দিয়া Taurus রাশির অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে।

প্রধান নক্ষত্র Capella-কে সহজেই চেনা যায়। হাল্কা হলুদ রংয়ের নক্ষত্রটি বর্ণালী (Spectrum) সূর্যের বর্ণালীর মতই এবং নক্ষত্রটি সন্ধ্যা-কাশে অনেক উঁচুতে দেখা যায়। Capella একটি binary নক্ষত্র কিন্তু সাধারণ টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহার সহচরকে পৃথকভাবে দেখা যায় না। Auriga-র প্যাটার্ন কতকটা ঘুড়ির মত। Capella-র সন্নিকটে তিনটি অস্পষ্ট নক্ষত্রকে ত্রিভুজের আকারে দেখায়। ইহাদিগকে Haedi বা Kids বলে। ইহাদের দুইটি ε, ζ নক্ষত্রের প্রত্যেকেই একটি binary-star. ε-নক্ষত্রের অস্পষ্টতর সহচর আমাদের Galaxy-র সর্ববৃহৎ নক্ষত্র। ইহার ব্যাস 1,800,000,000 মাইল।

(জ) CANIS MAJOR (Great Dog)

Almagest বর্ণিত "রাশি"। কালপুরুষের বড় কুকুরের প্রতিবিম্ব প্রভুর চিরসঙ্গীরূপে আকাশে স্থান লাভ করিয়াছে। Sirius এই রাশির অন্যতম নক্ষত্র। আকাশের উজ্জ্বলতম এই নক্ষত্রটি Orion -এর বেল্টের তিনটি নক্ষত্রের সংযোগ রেখার বরাবর অবস্থিত। α-Centauri ছাড়া এত উজ্জ্বল নক্ষত্র আর আকাশে দেখা যায় না।

Sirius সূর্য অপেক্ষা 26 গুণ অগ্নিময়। ইহার একটি ক্ষুদ্র সহচর আছে। সহচরটিকে সাধারণ টেলিস্কোপে দেখা যায় না। Sirius-কে পাশ্চাত্যে Dog-star বলে। Binocular-এর সাহায্যে ইহাকে অপূর্ব সুন্দর দেখায়।

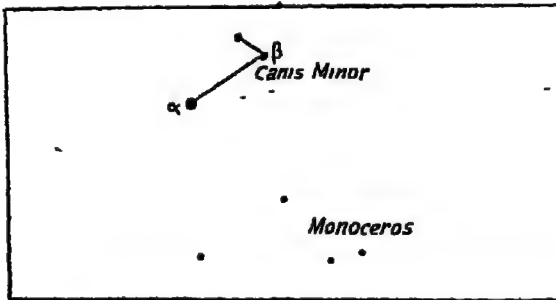
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতার প্রকার	দূরত্ব	(আলো-বৎসর)
α-Sirius	—1·45	9	,,
ε-Adara	—5·1	680	,,
δ-Wezea	—7·1	2100	,,
β-Mirzam	—4·8	750	,,
η-Aludra	—7·1	2700	,,

(ঝ) CANIS MINOR (Little Dog)

Almagest বর্ণিত "রাশি"। কালপুরুষের অপর কুকুরের-প্রতিবিম্ব। ইহার উজ্জ্বলতম নক্ষত্র α-Procyon-এর একটি অস্পষ্ট সহচর আছে। সহচরটিকে সাধারণ টেলিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায় না। অপর নক্ষত্র β-Gameisa নিকটেই অবস্থিত।

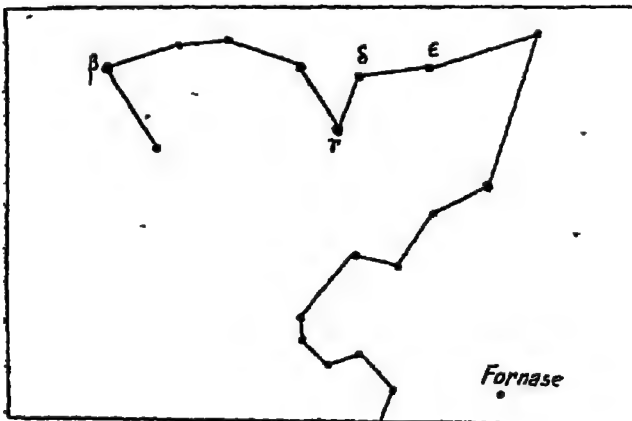
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতার প্রকার	দূরত্ব
α-Procyon	2·7	11
β-Gomeisa	—1·1	210

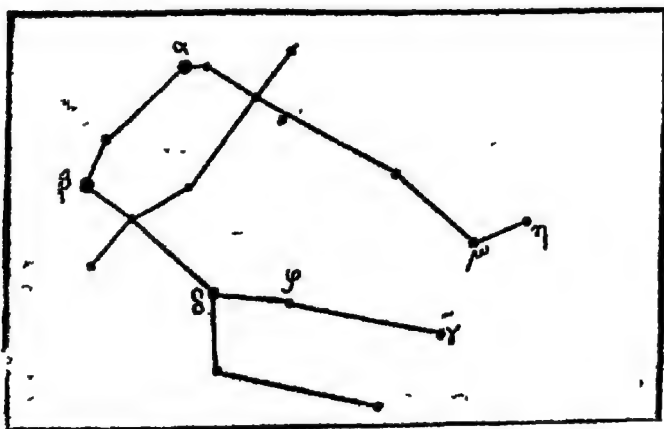
Canis Minor

Monoceros

(এঙ) ERIDANUS (River)

Almagest বর্ণিত "রাশি"। রূপকথার দুঃসাহসী যুবক Phaethon সূর্যের রথ লইয়া একদা আকাশের মধ্য দিয়া সজোরে বীরদর্পে চলিবার কালে Jupiter বজ্রপাতের সাহায্যে তাহাকে ধ্বংস করে এবং নদীর মধ্যে নিক্ষেপ করে।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β-Kursa	0·9	78

Fornase

(ট) GEMINI (The Twin)

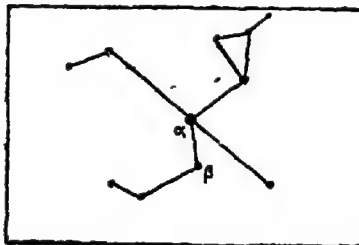
Almagest-এ বর্ণিত এবং "রাশিচক্রের" (Zodiac) একটি রাশি। Castor এবং Pollux-এর নাম হইতে এই রাশিব নাম হইয়াছে। রূপকথার Castor এবং Pollux রাজা Tyndarus এবং রানী Leda-র সন্তান ছিল। Pollux অমরত্ব লাভ করে। Castor যখন মারা যায তখন ভাইযেব শোকে Pollux অভিভূত হইযা পড়ে এবং Jupiter-এর কাছে ভাইযেব অমরত্বের জন্য অনুরোধ করে। Jupiter খুশী হইয়া উভযকে অমবত্ব দান করিযা অকাশে স্থাপন করে।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূবত্ব
β-Pollux	1.0	35
α-Castor	1.3—2.3	45
γ-Alhena	—0.6	105
μ-Tejat	—0 6	160
ε-Mebsuta	—4.6	1060

Gemini উত্তরাকাশের অন্যতম বাশি। ছাযাপথ এই রাশির মধ্য দিযা গিযাছে। Rigel হইতে Betelgeux সোজা রেখা টানিলে আমরা Castor ও Pollux-এর অবস্থান পাইতে পাবি। আবার Great Bear

বা Ursa Major-এর Megrez এবং Merak যোগ করিয়া রেখা টানিলেও Castor-Pollux পাওয়া যায়। Castor অপেক্ষা Pollux উজ্জ্বলতর। কিন্তু প্রাচীনকালে এমন ছিল না। উভয়ের রংয়ে প্রভেদ আছে। Pollux কমলা রংয়ের এবং Castor সাদা রংয়ের। রাশি-টির অন্যান্য নক্ষত্রগুলি Orion-এর দিকে ছড়াইয়া আছে। Alhena বেশ উজ্জ্বল এবং ইহা Pollux ও Betelgeux-এর মাঝখানে অবস্থিত। Castor একটি binary star। ইহার দুইটি অংশের একটি অপরটিকে কেন্দ্র করিয়া আবর্তন করে (প্রকৃতপক্ষে সাধারণ মাধ্যাকর্ষণ কেন্দ্রের চারিদিকে)। এই আবর্তনকাল প্রায় 350 বৎসর। তৃতীয় প্রকার δ নক্ষত্রের অষ্টম প্রকারের একটি সহচর আছে। ζ নক্ষত্রটির উজ্জ্বলতা 10 দিনে 3.7 হইতে 4.3-এর মধ্যে তারতম্য হয়। η-নক্ষত্রটি 231 দিনের মধ্যে 3 3 হইতে 4.2 গুণ উজ্জ্বলতা লাভ করে। η-একটি হাল্কা লাল রংয়ের নক্ষত্র এবং অপর লাল রংয়ের নক্ষত্র μ Tejat-এর নিকটে অবস্থান করে। নিকটেই নক্ষত্রপুঞ্জ Messier 35 খালি চোখেই দেখা যায়।

(ঠ) LEPUS (The Hare)

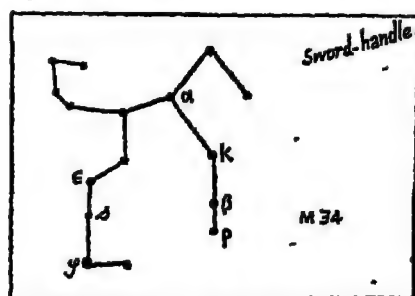
Almagest বর্ণিত 48 রাশির একটি। রূপকথার কালপুরুষ খরগোস শিকার পছন্দ করিত বলিয়া আকাশে কালপুরুষের নিকটেই Lepus-কে রাখিয়া দেওয়া হইয়াছে।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Arneb	—4 6	900
β-Nihal	0.1	113

Lepus-কে কালপুরুষের নীচেই দেখা যায়। ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে এই রাশির কোণ বৈচিত্র্য দেখা যায় না। R Leporis নক্ষত্রটি ঘন লাল বর্ণের। ইহার উজ্জ্বলতার তারতম্য ঘটে প্রায় 430 দিনে।

(ভ) MONOCEROS (The Unicorn)

ইহা Almagest-এর বর্ণিত রাশি নয়। Sirius, Procyon, Castor—Pallux এবং Betelgeux-এর অবস্থান এলাকা জুড়িয়া এই রাশির নক্ষত্রগুলি অবস্থান করে। বাইনোকুলারে ইহাকে দেখা যায়। ছায়াপথ এই অঞ্চল দিয়া গিয়াছে। 12 Monocerotis নক্ষত্রকে ঘিরিয়া একটি নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) খালি চোখে দেখা যায়।

(চ) PERSEUS

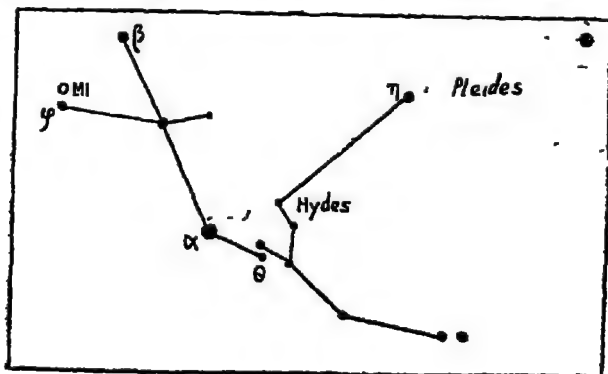
ইহা পুরাতন ক্যাটালগভুক্ত একটি রাশি। রূপকথার বীর Perseus দৈত্যের হাত থেকে রাজকন্যা Andromeda-কে রক্ষা করে। এই সময় সে Madusa-কে হত্যা করিয়া দেশে ফিরিতেছিল।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α—Mirphak	—4.4	570 আ. ব.
β—Algol	—0.5	105
ζ—	—6.1	1000
ε -	—3.7	680
γ—	0.3	113.

Capella হইতে অনতিদূরে এই রাশিটি অবস্থান করে। Cassiopeia রাশির দুইটি নক্ষত্রের সাহায্যে Perseus-এর দিক নির্ণয় করা সহজ। ছায়াপথ Perseus-এর মধ্য দিয়া গিয়াছে। এই রাশির নিকটে দুইটি নক্ষত্রপুঞ্জ (Star clusters) খালি চোখে দেখা যায়। Messier 34 ডানদিকে এবং Sword-handle (Orion-এর নহে) সোজা উপরের দিকে অবস্থিত। শেষোক্ত নক্ষত্রপুঞ্জ প্রকৃতপক্ষে দুইটি পুঞ্জের পাশাপাশি অবস্থান।

Algol বা β—Persei একটি চমৎকার নক্ষত্র। সাধারণতঃ ইহার উজ্জ্বলতা 2.3। কিন্তু ইহা নিষ্প্রভ হইতে থাকে এবং প্রায় 5 ঘণ্টা পরে আবার পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসে। এই নক্ষত্র একটি eclipsing binary নক্ষত্র। ইহার সহচর ইহাকে ঘিরিয়া আবর্তন করিতে করিতে আমাদের দৃষ্টিপথে আসিয়া ইহাকে আচ্ছন্ন করে। ফলে আমরা ইহার উজ্জ্বলতা কিছুক্ষণের জন্য দেখিতে পাই না।

P—Persei নক্ষত্রটি হাল্কা লাল রংয়ের variable নক্ষত্র। ইহা উজ্জ্বলতার দিক থেকে প্রায় চতুর্থ পর্যায়ের অন্তর্ভুক্ত।

(ণ) TAURUS (The Bull—বৃষ)

ইহা "রাশিচক্রের" অন্তর্গত একটি রাশি। রূপকথার দেবতা বৃহস্পতি (Jupiter) Europa-র প্রেমে মুগ্ধ হইয়া তাহাকে হরণ করার উদ্দেশ্যে একটি সাদা ষাঁড়-এর রূপ ধারণ করে। Europa-কে পিঠে লইয়া

স াঁতরাইয়া ভূমধ্যসাগর পাড় হইয়া দূরে বহু দূরে চলিয়া যায়। Tanglewood Tales নামক গ্রন্থে Nathaniel Howthorne সুন্দরভাবে ইহার বর্ণনা দিয়াছেন।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
α—Aldebaran	—0.7	68
β—Alnath	—3.2	300
η—Alcyone	—3.2	541
ζ—	—4.2	940

Taurus রাশিকে সহজেই খুঁজিয়া পাওয়া যায়। ইহার প্রধান নক্ষত্র Aldebaran কালপুরুষের বেল্টের তিনটি নক্ষত্রের সংযোগকারী লাইনের দিকে অবস্থিত। ইহা উজ্জ্বল লাল-রংয়ের নক্ষত্র এবং দেখিতে Betelgeux-এর মত। এই রাশির অন্তর্গত অনেক দর্শনীয় জ্যোতিষ্ক আছে। তৃতীয় পর্যায়ের নক্ষত্র η Alcyone-এর নিকটে যে নক্ষত্রপুঞ্জ দেখা যায় উহা Pleiades বা Seven-Sister. খালি চোখে অন্ততঃ 7টি নক্ষত্রকে দেখা যাইবেই। অনেকেই এ পর্যন্ত 19 নক্ষত্র এই স্থানে দেখিয়াছেন।

Aldebaran-এর নিকটে Hyades-কে দেখিতে বাইনোকুলারের প্রয়োজন। Aldebaran, Hyades অপেক্ষা পৃথিবীর অনেক নিকটে অবস্থান করিতেছে। Hyades-এর নক্ষত্র θ-Tauri একটি double star.

ζ এর নিকটে Crab Nebula (M1) একটি বিচিত্র নেবুলা। এই নেবুলাকে 1054 খ্রীস্টাব্দে চীন দেশের লোকেরা সর্বপ্রথম লক্ষ্য করে। ইহা একটি Super-nova হইতে উৎপন্ন। বড় টেলিস্কোপে দেখিলে ইহাকে একটি বিস্তৃত গ্যাসের কুণ্ড বলিয়া মনে হইবে। Supernova সচরাচর দেখা যায় না। পূর্ণ বিস্ফোরিত Supernova প্রায় 200,000,000 হইতে 300,000,000-টি সূর্যের আলো বিকিরণ করে।

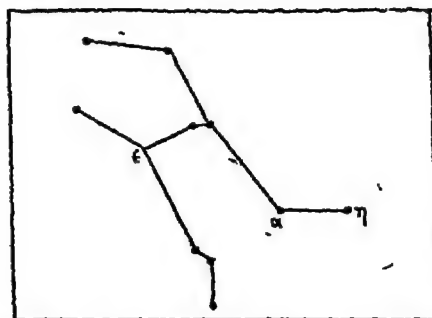
১৭.৫ বসন্তকালীন নক্ষত্রসমূহ

বসন্ত কালের সন্ধ্যার আকাশে যে সমস্ত নক্ষত্র দেখা যায় সেগুলি শীতকালের নক্ষত্রের মত এত বৈচিত্র্যময় নয়। Orion, Capella,

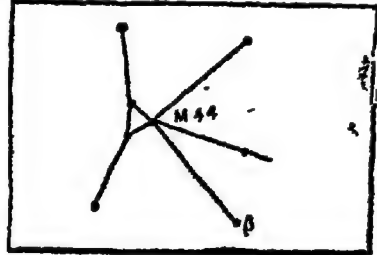
Procyon এবং Gemini-কে তখন পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। Great Bear তখন মাথার উপর। দক্ষিণের আকাশে Leo শোভা পায়। ছায়াপথ এই সময় শীতকালের মত স্পষ্ট নহে।

(ত) BOÖTES (The Herdsman)

Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথার রাখাল Boötes-কে তার ভাই প্রবঞ্চনা করিয়া তার সব সম্পত্তি থেকে বঞ্চিত করে। Bootes অনন্যোপায় হইয়া পৃথিবী ভ্রমণে বাহির হয় এবং অবশেষে লাঙ্গল আবিষ্কার করিয়া চাষাবাদ আরম্ভ করে। তার মা Callisto খুশী হইয়া Jupiter-কে ছেলের অমরত্বের জন্য অনুরোধ করে। Jupiter তাকে অমরত্ব প্রদান করিয়া স্বর্গে অর্থাৎ আকাশে স্থান দেয়। ইহার প্রধান নক্ষত্রগুলি :

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলোবৎসর)
α-Arcturus	—0.3	36
ε-Izar	0.0	103
η-Saak	2.7	32
γ Seginus	0.2	118

Bootes রাশির প্রধানতম নক্ষত্র α-Arcturus। বাইনোকুলারে ইহার চমৎকার রং দেখা যায়। Ursa Major-এর বক্ররেখা অনুসরণ করিলে দূরে মহাবিষুবের উত্তরে এই নক্ষত্রকে দেখা যাইবে। ইহাকে বসন্ত কাল হইতে শরৎকাল পর্যন্ত আকাশে জ্বল জ্বল করিতে দেখা যায়।

(থ) CANCER (The Crab)

রাশিচক্রের অন্তর্ভুক্ত এই রাশিটি Ptolemy-র ক্যাটালগে স্থান পাইয়াছে। রূপকথার Hercules যখন সামুদ্রিক সর্প Hydra-র সহিত যুদ্ধ করিতেছিল তখন এক বিশাল Crab (কাঁকড়া!) সর্পের সাহায্যার্থে আসিলে Hercules পদাঘাতে উহাকে হত্যা করে। Hercules-এর উপর ঈর্ষান্বিত Juno তখন এই Crab-কে অমরত্ব দান করিয়া আকাশে স্থান দেয়। এই রাশিটির উহার প্রতিবিম্ব।

এই রাশিটিতে কোন উজ্জ্বল নক্ষত্র না থাকিলেও ইহাকে খুঁজিয়া বাহির করা শক্ত নহে। Leo এবং Gemini রাশিদ্বয়ের মধ্যে ইহা অবস্থিত। Pollux, Procyon এবং Regulus লইয়া অঙ্কিত ত্রিভুজের মাঝখানে ইহা অবস্থিত। এই রাশির অন্তর্গত Messier 44 নামক নক্ষত্রপুঞ্জ (star cluster)। ইহার অপর নাম Praesepe বা Beehive (মৌচাক) অন্ধকার রাতে খালি চোখে ইহাকে দেখা যায়।

(দ) CORONA BOREALIS (The Northern Crown)

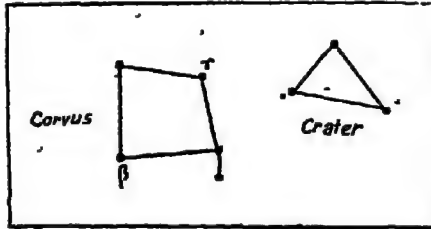
Almagest বর্ণিত একটি ক্ষুদ্র "রাশি"। রূপকথার Bacchus কর্তৃক Crete-এর রাজা Minos-এর কন্যা Ariande-কে প্রদত্ত মুকুটের প্রতিবিম্ব। ইহার প্রধান নক্ষত্র একটি।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Alphekka	0.4	76.

এই রাশিটি সত্যই মুকুটের মত দেখিতে। Arcturus-এর অনতিদূরে অর্ধ বৃত্তাকার চেহারাটি সহজেই চোখে পড়ে। ইহার অন্তর্গত T coronae নামক নক্ষত্রটি যদিও খুব অস্পষ্ট কিন্তু 1866 এবং 1946 খ্রীস্টাব্দে ইহা উজ্জ্বল হইয়া উঠিয়াছিল। ইহাকে একটি Nova মনে করা হইয়া থাকে।

(ধ) CORVUS (The Crow)

Ptolemy র ক্যাটালগের একটি রাশি। রূপকথায় Apollo Coronis-কে ভালবাসিত। Coronis-এর বাবার নাম Phlegyas এবং

Corvus
β
Crater

ছেলের নাম Aesculapius। Apallo একটি কাককে Coronis-এর চরিত্র সম্বন্ধে সন্ধান লইবার জন্য নিযুক্ত করে। কাক যে সন্ধান লইয়া আসে তাহাতে Apollo খুশী হইতে পারে নাই। যাহা হউক Apollo পুরস্কার স্বরূপ কাককে অমরত্ব দান করে এবং আকাশে স্থান দেয়।

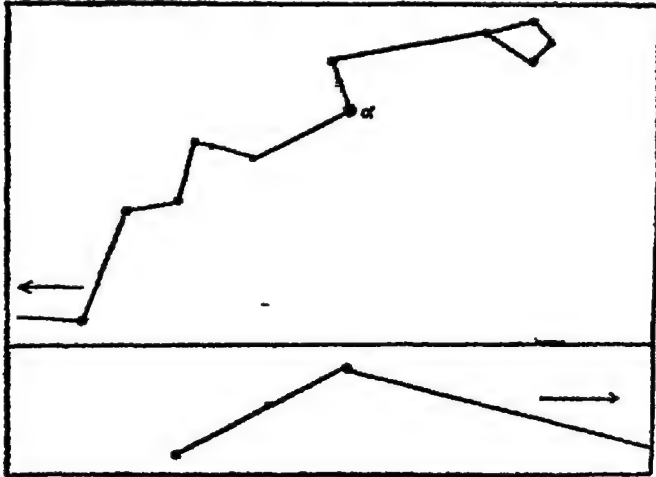
প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)	
γ Minkar	—3 1	450	,,
β	0 1	108	,,
δ	0 1	124	,,
ε	—0 2	140	,,

এই চারটি নক্ষত্র আকাশে একটি সুন্দর চতুর্ভুজ সৃষ্টি করিয়াছে। বসন্তকালের সন্ধ্যাকাশে দক্ষিণ দিকে একটু নীচের দিকে ইহাকে দেখা যায়। ইহা Virgo রাশির অন্তর্গত প্রথম শ্রেণীর নক্ষত্র Spica-এর অনতিদূরে অবস্থিত। এই রাশির অন্য কোন বিশেষত্ব এ পর্যন্ত জানা যায় নাই।

Corvus-এর নিকটে CRATER নামক আর একটি Almagest বর্ণিত রাশি দেখা যায়।

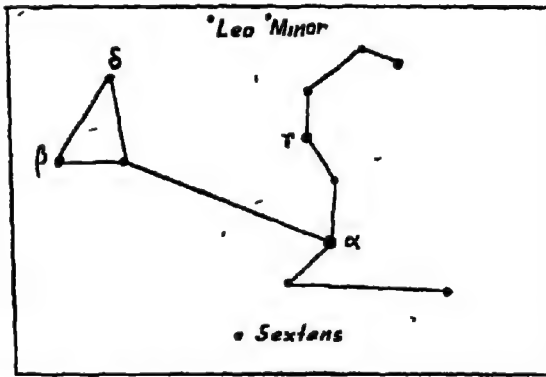
(ন) HYDRA (Watersnake or Sea-Serpent)

Almagest-এ বর্ণিত রাশি। রূপকথার দৈত্য Hydra-র একশত মাথা ছিল। গ্রীসের Lèrnean এলাকায় সে যখন উৎপাত আরম্ভ করে তখন Hercules তাহাকে হত্যা করে।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Alphard	—0·3	94
γ	0 3	113

আকাশে Hydra সর্বাপেক্ষা বৃহৎ একটি রাশি এবং অস্পষ্ট। ইহার একমাত্র উজ্জ্বল নক্ষত্র Alphard-কে দেখিতে হইলে Caster এবং Pollux-এর সংযোগকারী রেখার দিকে লক্ষ্য করুন।

(প) LEO (The Lion)

Almagest বর্ণিত রাশি। রূপকথার সিংহকে Hercules হত্যা করিয়া Nemaean জঙ্গলের প্রাণীদিগকে রক্ষা করে।

Leo Minor
Sextans

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Regulus	—0·7	84
γ-Algeiba	1	190
β-Denebola	1·5	43
δ Zozma	·6	82
ε Asad	—2·1	340

দক্ষিণ আকাশে বসন্তকালের বিখ্যাত রাশি। Ursa Major-এর নক্ষত্রগুলির সাহায্যে ইহার দিক নির্ণয় করা যায়। উজ্জ্বলতম নক্ষত্র α-Regulus। অন্যান্য উজ্জ্বল নক্ষত্রগুলি একটি ত্রিভুজের শীর্ষে অবস্থিত। Algeba একটি double star। Denebola-র আলোকে তারতম্য দেখা যায়। ইহা একটি "বিনারী" (binary) নক্ষত্র। অন্যান্য দুইটি রাশি Leo Minor এবং Sextans নিকটেই অবস্থিত।

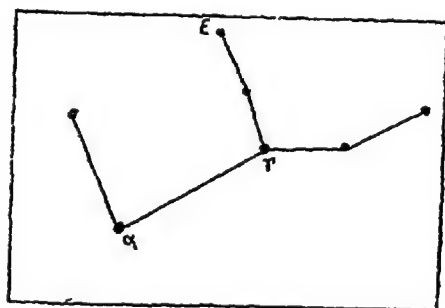
(ক) VIRGO (Virgin)

রাশিচক্রের অন্তর্গত এই রাশিটি Ptolemy-র Almagest-এর অন্তর্গত। রূপকথার Virgo, Jupiter-এর কন্যা। গ্রীস দেশের স্বর্ণ যুগের সময় Virgo সত্য এবং ন্যায়বিচার প্রদর্শনের জন্য বিখ্যাত ছিল। যখন মানুষ তার জীবনধারার পরিবর্তন করিয়া পাপে ডুবিয়া

গেল তখন বিরক্ত হইয়া Virgo স্বর্গে অর্থাৎ আকাশে ফিরিয়া গেল। তারপর থেকে এখনও সে আকাশে আছে। যদি কখনও পৃথিবীতে ন্যায়বিচার ফিরিয়া আসে তখন Virgo হয়ত আবার পৃথিবীতে ফিরিয়া আসিবে !!!

ε

γ

α

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Spica	—3·3	220
γ-Post varta	3·5	32
ε-Vindemiatrix	0·6	90

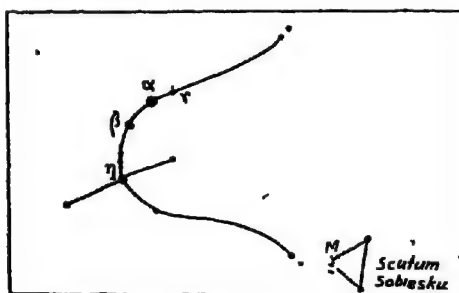
প্রধান নক্ষত্র Spica-কে খুঁজিয়া বাহির করিতে হইলে Ursa Major-এর লেজের বরাবর Arcturus-এর দিকে দৃষ্টি লইয়া আসিতে হইবে। আরও কয়েকটি বেশ উজ্জ্বল নক্ষত্র এই রাশিতে আছে। γ-Post varta একটি বিখ্যাত "বিনারী" (binary) নক্ষত্র এবং ইহার সহচর একইরূপ উজ্জ্বল। সহচর দুইটি উভয়ের সাধারণ কেন্দ্রকে ঘিরিয়া 180 বৎসরে আবর্তন করে।

১৭.৬ গ্রীষ্মকালীন নক্ষত্রসমূহ

জুলাই মাসের সন্ধ্যাবেলা সুন্দর নীল নক্ষত্র Vega প্রায় মাথার উপরে দেখা যায়। ইহার অনতিদূরেই Cygnus এর অন্তর্গত Deneb এবং Aquila-র অন্তর্গত Altair-কে দেখা যায়। এই সময় Arcturus-কে

পশ্চিমে এবং Capella-কে উত্তর দিকে দেখা যায়। দক্ষিণ দিকে Scorpio-র মধ্যে Antares-কে দেখা যায়। Antares-এর লাল রংয়ের জন্য ইহাকে অনেক সময় Mars-এর প্রতিদ্বন্দ্বি বলা হয়। Ursa Major তখন পশ্চিম আকাশে কিন্তু Leo এবং Virgo প্রায় অস্ত গিয়াছে। পূর্বদিকে Pegasus-এর চতুর্ভুজ উদয় হইতেছে। ছায়াপথ এই সময় বেশ উজ্জ্বল হইয়া উঠে এবং Capella হইতে Cassiopeia, Cygnus, Aquila-র মধ্য দিয়া Scorpio-র মধ্যে বিস্তৃত হইয়া পড়ে।

(র) AQUILA (The Eagle)

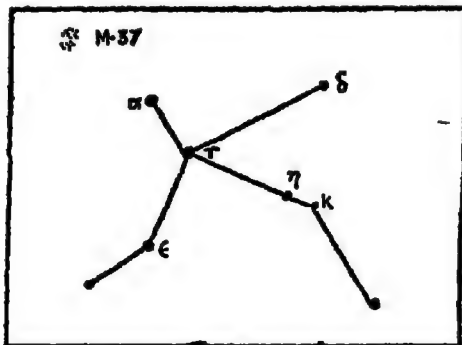
ইহা একটি পুরাতন রাশি। Ptolemy-র Almagest-এ ইহার বিশদ বর্ণনা আছে। গ্রীষ্মকালীন বিখ্যাত রাশিগুলির মধ্যে একটি। ইহা দেখিতে ঈগলের মত।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α Altair	2 2	16
γ-Tarazed	—2·4	340
ζ-Dheneb	0 8	90

প্রধানতম নক্ষত্র Altair দেখতে সাদা রং-য়ের এবং উভয় পার্শ্বে একটু হাল্কা দুইটি নক্ষত্র আছে বলিয়া ইহাকে চিনিতে কোন অসুবিধা হইবে না। β-(Alshain) নক্ষত্রটির উজ্জ্বলতা প্রায় চতুর্থ পর্যায়ের।

Aquila রাশির η-নক্ষত্রটি একটি variable (উজ্জ্বলতার তারতম্যে) নক্ষত্র এবং 7.2 দিনে ইহার ঔজ্জ্বল্যের পরিবর্তন ঘটে। এই তারতম্য খালি চোখে ধরা যায়।

(ভ) CYGNUS (The Swan)

Almagest বর্ণিত রাশিটি দেখিতে চমৎকার লাগে। রূপকথার স্বর্গের রাজা Jupiter (ইন্দ্র) রাজহংস সাজিয়া Spartan রাজা

Tyndarus এর পত্নী Leda-কে দেখিতে গিয়াছিল। পরে এই ঘটনাকে স্মরণ রাখার জন্য রাজহংসটিকে অমরত্ব দান করিয়া আকাশে রাখিয়া দেয়।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

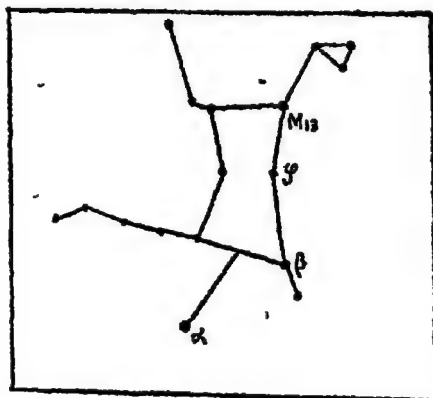
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Deneb	—7 1	1600
γ-Sadr	—4·6	750
ε-Gienah	0·7	74
δ:	—1·7	270
β-Albireo	—2 4	410

এই রাশিটিকে আকাশের দিকে তাকালেই সহজে চেনা যায়। β-Albineo নক্ষত্রটি অন্য নক্ষত্রের চেয়ে অস্পষ্ট হইলেও ইহা একটি double star। ইহার প্রথম নক্ষত্রটি সোনালী হলুদ রংয়ের এবং

সহচরটি হাল্কা সবুজ রংয়ের। যে-কোন ছোট টেলিস্কোপেই ইহা দেখা যায়। অনেকের মতে double star-দের মধ্যে ইহা সবচেয়ে সুন্দর নক্ষত্র।

Deneb নক্ষত্রটি Altair বা Vega নক্ষত্রের মত এত উজ্জ্বল নহে কারণ ইহা বেশী দূরত্বে অবস্থিত। ইহা দেখতে একটু হাল্কা হলুদ রংয়ের। γ এবং β-Albireo-এর মধ্যে η-cygni নামক নক্ষত্র অবস্থিত। η-cygni-এর নিকট যে x-নক্ষত্রটি দেখা যায় উহা একটি পরিবর্তনশীল নক্ষত্র এবং 409 দিনে ইহার আলোর উজ্জ্বলতা 4 হইতে 14-এর মানে উন্নীত হয়। ছায়াপথ এই রাশিটির মধ্য দিয়া গিয়াছে বলিয়া এই রাশির আশেপাশে অনেক নক্ষত্রপুঞ্জ দেখা যায়। বিশেষ করিয়া খোলা নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) Messier 39, Deneb-এর অনতিদূরে দেখা যাইবে।

(ঘ) HERCULES

Almagest বর্ণিত একটি রাশি। রূপকথার বীর হারকিউলিস Jupiter এবং Alcmene-এর পুত্র। Juno তাহাকে হিংসা করিত এবং

তার পরামর্শে হারকিউলিস স্বীয় ভ্রাতা Eurystheus কর্তৃক লাঞ্ছিত হইয়াছিল। ভ্রাতা তাহাকে "দ্বাদশ শ্রম" (twelve labours) সমাধা করিতে বাধ্য করিয়াছিল। হারকিউলিস এগুলো সমাধা করে এবং অবশেষে অমরত্ব লাভ করিয়া আকাশে স্থান পায়।

প্রধান নক্ষত্রসমূহ

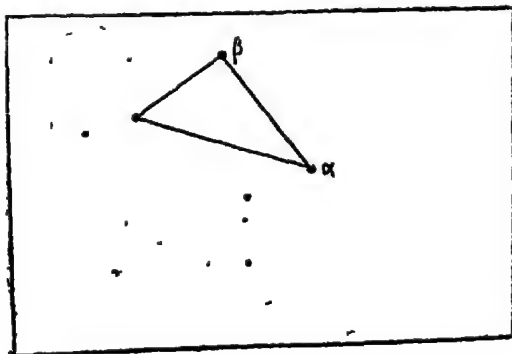
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β-Kornephorus	0·3	103
ζ-Rutilicus	3·1	30

Hercules রাশিটি Arcturus এবং Vega নক্ষত্রের মধ্যবর্তী বিস্তৃত এলাকা জুড়িয়া আছে। এই রাশিতে α-Rasalgethi একটি লাল রংযের পরিবর্তনশীল নক্ষত্র (Variable star)। ইহার উজ্জ্বলতা 3 একটি হইতে 4 এর মধ্যে তারতম্য হয়। নিকটবর্তী তারকা k Ophiuchi-ও একটি পরিবর্তনশীল নক্ষত্র। Rasalgethi একটি বিশাল নক্ষত্র এবং সম্ভবতঃ আকাশের সর্ববৃহৎ নক্ষত্র। এই রাশির অপর একটি বৈশিষ্ট্য Messier 13 নামক নক্ষত্রপুঞ্জ (Star cluster)। ইহা একটি গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ। আমরা পূর্বে ইহার বিষয়ে আলোচনা করিয়াছি। এই নক্ষত্রপুঞ্জে কমপক্ষে 100,000 নক্ষত্র বিদ্যমান এবং ইহার দূরত্ব প্রায় 34,000 আলো-বৎসর। এই নক্ষত্রপুঞ্জগুলি আমাদের Galaxy-কে আবেষ্টন করিয়া রহিয়াছে। নক্ষত্রপুঞ্জের অবস্থান এবং বিস্তৃতি লক্ষ্য করিয়া আমেরিকান বৈজ্ঞানিক Harlow Shapoley প্রায় 40 বৎসর পূর্বে সিদ্ধান্ত করেন যে, সূর্য প্রকৃতপক্ষে Galactic কেন্দ্র হইতে অনেক দূরে অবস্থিত।

(য) LIBRA (তুলা Balance)

Almagest বর্ণিত একটি রাশি। Mochis নামক লোক ওজন এবং মাপ আবিষ্কার করে বলিয়া অমরত্ব লাভ করিয়া আকাশে স্থান পাইয়াছিল।

β

α

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β-Zubenel chemale	—0 6	140
α-Zubenel genubi	1·2	66

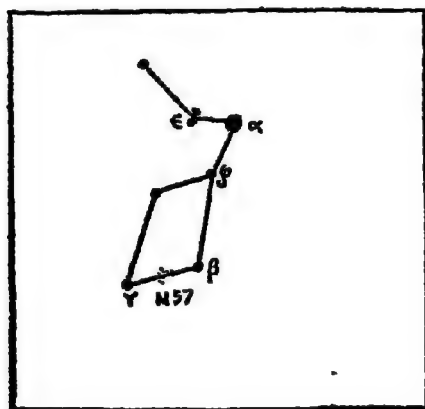
Libra রাশিটি Spica এবং Autares নক্ষত্র দুইটির অন্তর্গত অঞ্চলে অবস্থিত। α-নক্ষত্রটির পঞ্চম পর্যায়ের উজ্জ্বলতাসম্পন্ন একটি সহচর আছে। এই সহচরকে খালি চোখে দেখা যায়। β-নক্ষত্রটির রং হাল্কা সবুজ।

(ব) LYRA (The Lyre)

Ptolemy কর্তৃক ক্যাটালগভুক্ত Almagest-এর একটি বিখ্যাত রাশি। রূপকথার গায়ক Orpheus-কে Apllo একটি বাঁশী দান করে। এই বাঁশীর সাহায্যে Orpheus বনের পশু পক্ষীকে বশ করে এবং এমনকি নদী-নালাকে আপন গতিপথে আবদ্ধ করিয়া ফেলে। Orpheus-এর মৃত্যুর পর সে অমরত্ব লাভ করে এবং আকাশে স্থান লাভ করে।

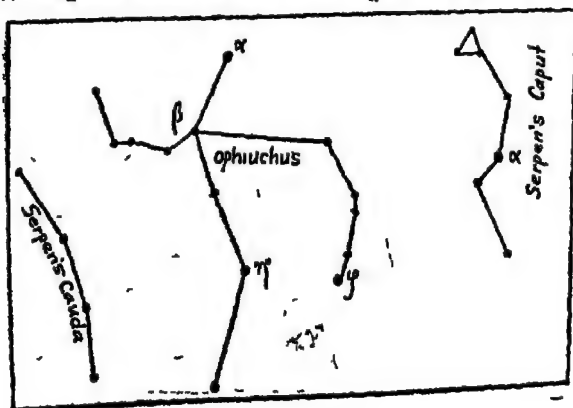
প্রধান নক্ষত্র

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Vega	0 5	26

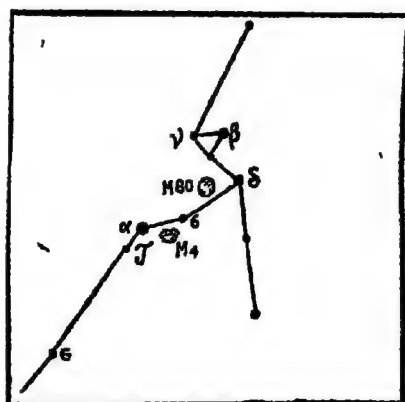
ε α ζ β γ M57

এই রাশির অন্তর্গত Vega নক্ষত্রটি আকাশের উজ্জ্বলতার দিক থেকে পঞ্চম নক্ষত্র। ইহার রং নীল। গ্রীষ্মকালে ইহাকে ঠিক মাথার দেখা যায়। Vega নক্ষত্রের নিকটে ডবল নক্ষত্র ε-কে দেখা যায়। খালি চোখে এই doulde star-এর দুইটি সহচর দেখা যায়। 3″ টেলিস্কোপের সাহায্যে প্রত্যেক সহচরের আবার একটি করিয়া সহচর দেখা যায়। Vega-এর নিকটে ζ-নক্ষত্রটি একটি বিনারী (binary)। একটি ছোট টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহার সহচরকে দেখা যায়। β-Lyre একটি eclipsing পরিবর্তনশীল নক্ষত্র। ইহার উজ্জ্বলতা 3·4 হইতে 4·1 পর্যন্ত তারতম্য হয়।

β এবং γ নক্ষত্রের মধ্যে অঙ্গুরীয়বৎ Nebula M57 দেখা যায়। ইহা খুব উজ্জ্বল নহে। বড় টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহাকে একটি অঙ্গুরীয়ের মত দেখা যায় এবং এই অঙ্গুরীয়ের কেন্দ্রস্থলে একটি অস্পষ্ট নক্ষত্র বিদ্যমান। এই Nebula-টি প্রকৃতপক্ষে Nebula নহে। বৈজ্ঞানিকেরা মনে করেন যে ইহা একটি অত্যন্ত উত্তপ্ত তারকা এবং একটি উত্তপ্ত গ্যাসমণ্ডল ইহাকে আবেষ্টন করিয়া রহিয়াছে।

(ল) OPHIU CHUS

Almagest বর্ণিত রাশি। যদিও রাশিটির অংশবিশেষ Scorpio এবং Sagittarius-এর মধ্যে বর্তমান তবুও রাশিটিকে রাশিচক্রের

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
ζ—Ascella	0.1	140 „
δ—Kans	0.7	84 „
λ—Kans	1.1	71 „
γ—Alnasr	0.1	124 „
π—Albaldah	−0.7	250 „

(ঝ) SCORPIO (বৃশ্চিক)

রাশিচক্রের অষ্টম রাশি। ইহার বৃহত্তম নক্ষত্র α-Antares সন্ধ্যাবেলা দেখা যায়। ইহা উজ্জ্বল লাল রংয়ের একটি নক্ষত্র। ইহা বৃহৎ নক্ষত্রদের একটি। ইহার ব্যাস আনুমানিক 350,000,000 মাইল। Altair-এর মত ইহার উভয় পার্শ্বে অপেক্ষাকৃত অস্পষ্ট নক্ষত্র আছে। υ-নক্ষত্রটি একটি ডবল নক্ষত্র। রাশিটির অন্তর্গত দুইটি উজ্জ্বল নক্ষত্র-পুঞ্জ M80 এবং M4 আছে। M80-এর পৃথিবী হইতে দূরত্ব আনুমানিক 65,000 আলো-বৎসর।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

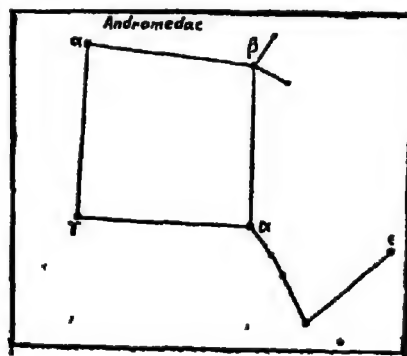
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
α—Antares	—5.1	520 „
ε—Wei	0.7	66 „
δ—Dschubba	—4.0	590 „

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো বৎসর)
β —Girrafias	—3 7	650 „
τ—	—4 0	750 „
σ—	—4 4	570 „
π—	—3 3	570 „
μ—	—3.0	520 „

১৭৭. শরৎকালীন নক্ষত্রসমূহ

এই সময় সন্ধ্যাকাশ তেমন বিচিত্র নক্ষত্রমণ্ডলে সজ্জিত নয়। তবুও গ্রীষ্মকালীন Cygnus এবং Aquila পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। এই সময় Antares অস্তমিত হইয়াছে। এই সময় Orion-কে দেখা যায় না কিন্তু Tauras-কে দিগন্তের উপরে দেখা যায়। পূর্বদিকে Seven Sisters (Pleiades)-এর উজ্জ্বলতা চোখে পড়ে এবং Capella পুনরায় উজ্জ্বলভাবে দৃষ্টিপথে আসে। Cassiopeia এই সময় আকাশে মাথার উপরে। দক্ষিণদিকে Pegasus-এর চতুর্ভুজ চোখ এড়াতে পারে না। দক্ষিণাকাশের অংশবিশেষ Cetus এবং Aquarius রাশিদ্বয় দ্বারা আচ্ছন্ন হইয়া থাকে।

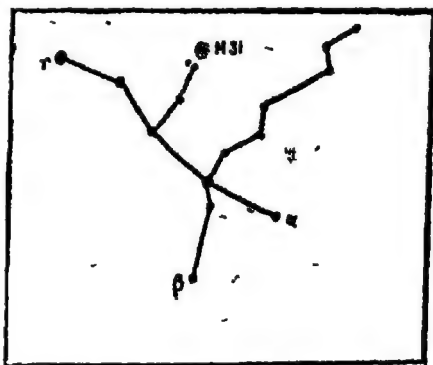
(ষ) PEGASUS (The flying horse)

Almagest বর্ণিত দুই রাশির তিনটি প্রধান নক্ষত্র (α, β এবং γ) এবং Alpheratz অথবা α-Andromedae মিলিয়া একটি চতুর্ভুজ সৃষ্টি

করিয়াছে। দক্ষিণদিকের আকাশে দিগন্তের বেশ উপরে এই চতুর্ভুজকে শরৎকালের সন্ধ্যায় চিনিতে কোন অসুবিধা হইবে না। Cassiopeia-এর W-এর অন্তর্গত দুইটি নক্ষত্রের সংযোগকারী সরলরেখার সাহায্যে এই রাশির অবস্থান সহজে নির্ণয় করা যায়। এই রাশির বৈচিত্র্য হইল লাল বৃহৎ নক্ষত্র β-Scheat। 35 দিনে ইহার উজ্জ্বলতা $2\frac{1}{4}$ হইতে $2\frac{8}{4}$ এর মধ্যে পরিবর্তন হয়। এই নক্ষত্রের ব্যাস প্রায় 150,000,000 মাইল।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
ε—Enif	—4.6	780 ,,
β—Scheat	—1.5	210 ,,
α—Markab	—0.1	109 ,,
γ—Algeuib	—3.4	570 ,,
η—Mator	—2.2	360 ,,

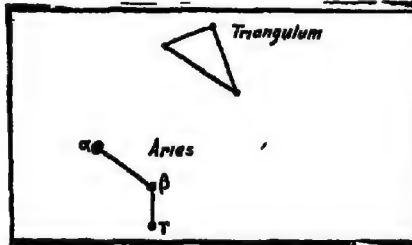
(স) ANDROMEDA

Almagest-এ বর্ণিত রাশিটির প্রধান নক্ষত্র Alpheratz বা α-Andromedae পূর্ববর্তী রাশি Pegasus-এর চতুর্ভুজের এক কোণে অবস্থিত। পূর্বে ইহাকে δ-Pegasi বলা হইত। চতুর্ভুজ হইতে Perseus রাশি পর্যন্ত বিস্তৃত এই রাশিটির নক্ষত্রগুলি মোটামুটিভাবে উজ্জ্বল। γ-নক্ষত্রটি একটি সুন্দর double star. ইহার প্রধান নক্ষত্রটি হলুদ

রংযেব এবং সহচরটি নীল রংযের। রাশিটির অন্তর্গত নক্ষত্রপুঞ্জ (cluster) M31 একটি বিরাট কুণ্ডলী। এই গ্যাসকুণ্ডলীটি দূরবর্তী Galaxy-র অন্তর্গত।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আলো-বৎসর)	
α-Alpheralz	—0.1	90	”
β-Mirach	0.2	76	”
γ-Almaak	—2.4	260	”

(হ) ARIES (মেষ Ram).

বাশিচক্রেব প্রথম বাশি হিসাবে এই বাশিটিকে গণ্য কবা হয যদিও Vernal Equinox. এক্ষণে পৃথিবীব precession-জনিত গতিব ফলে

নিকটবর্তী বাশি Pisces-এর মধ্যে অবস্থান কবিতেছে। বাশিটি Almagest বর্ণিত একটি বাশি।

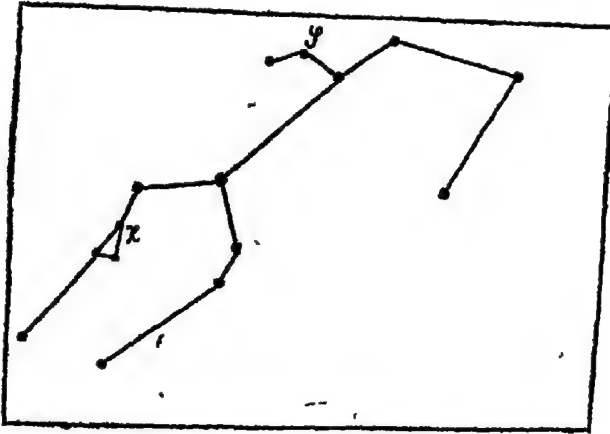
প্রধান নক্ষত্রগুলি

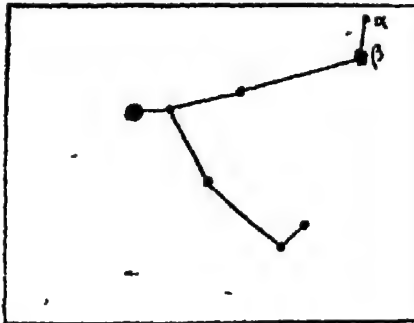
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূবত্ব (আঃ বঃ)	
α-Hamal	0.2	76	”
β-Sheratan	1 7	52	”

Andromeda-ব নীচে Aries অবস্থিত। ইহাব অন্তর্গত γ-নক্ষত্রটি একটি double star।

(ক্ষ) AQUARIUS

বাশিচক্রের একাদশ রাশি। বাশিটি অস্পষ্ট। ইহা বিস্তৃত স্থান দখল কবিয়া আছে। ζ-নক্ষত্রটি একটি ডবল এবং প্রধান নক্ষত্র।

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
β-Sadalsuud	—4.6	780

(অ) *CAPRICORNUS* (Sea-goat)

ইহা রাশিচক্রের অন্তর্গত একটি অস্পষ্ট রাশি। এই রাশির অন্তর্গত কোন উজ্জ্বল নক্ষত্র নাই এবং আকাশে উহাকে খুঁজিয়া বাহির করা একটু কঠিন। মোটামুটিভাবে Altair এবং Fomalhant-এর মধ্যে অবস্থিত।

প্রধান নক্ষত্র

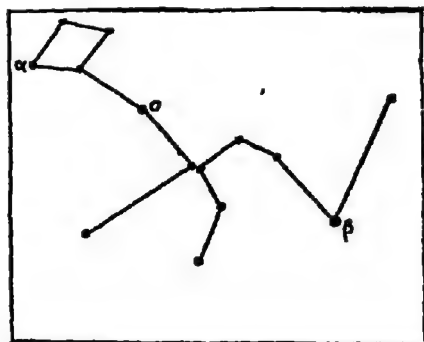
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বঃ)
δ-	2.0	50 „

দুইটি নক্ষত্র α (Giedi) এবং β (Dabih) উভয়েই double star।

(আ) CETUS (The Whale)

রূপকথার দৈত্যবিশেষ এই রাশিটি Almagest-এ বর্ণিত আছে। অস্পষ্ট রাশিটি বহুস্থান জুড়িয়া ব্যাপ্ত আছে। ইহার মাথায় ∝-নক্ষত্রটি হাল্কা লাল রংয়ের। অপর উজ্জ্বল নক্ষত্র β অনেক দূরে অবস্থিত।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

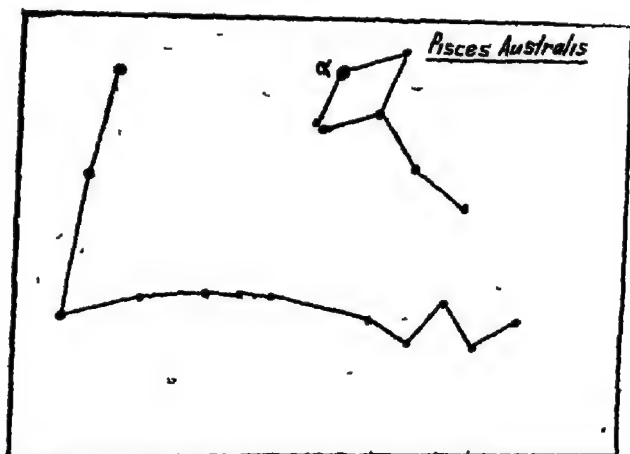
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব (আঃ বাঃ)
∝-Menkar	—0 5	130
β-Diphda	0.8	57
o-Mira (o-Ceti)	—0 5	103.

এই রাশির অন্তর্গত বিখ্যাত পরিবর্তনশীল নক্ষত্র o-Mira (o-Ceti) কে কোন কোন সময় খালি চোখেই দেখা যায়। এই নক্ষত্রটির উজ্জ্বলতা 331 দিনের মধ্যে নিম্নতম অবস্থা হইতে উচ্চতম অবস্থায় আসে। ইহা একটি red giant এবং ইহার দূরত্ব প্রায় 250 আলো বৎসর।

(ই) PISCES (The Fishes)

ইহাও একটি Almagest বর্ণিত রাশিচক্রের অন্তর্গত রাশি। এক্ষণে Vernal Equinox এই রাশির মধ্যে আসিয়াছে। রাশিটির অস্পষ্ট নক্ষত্রগুলি একটি বক্র লাইনে অবস্থিত।

Pisces Australis রাশিটি Pisces রাশির নিকটবর্তী একটি রাশি। ইহার বিখ্যাত নক্ষত্র α-Fomal haut 23 আলো বৎসর দূরে অবস্থিত। উজ্জ্বলতায় ইহা দ্বিতীয় শ্রেণীভুক্ত।

Pisces Australis

α

১৭·৮· দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রসমূহ

উত্তরাকাশের নক্ষত্রের মতই দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রগুলিও খুব চমৎকার। Magellan cloud এর মত সুন্দর দৃশ্য উত্তরাকাশে দেখা যায় না। ইহা ছাড়া α ও β-Centauri এবং সেই সঙ্গে Southern cross সমভাগে দর্শনীয়। তবে দক্ষিণাকাশের ধ্রুব নক্ষত্র নাই।

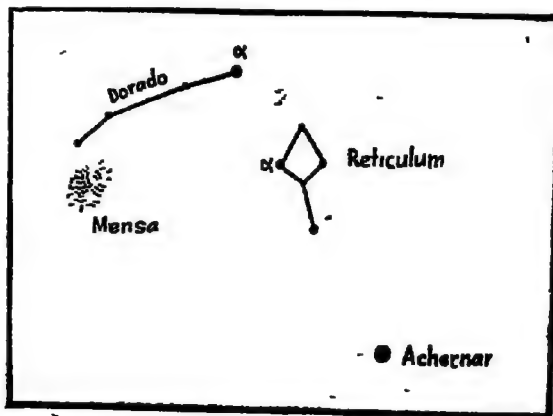
যদি অষ্ট্রেলিয়াতে কোন স্থানে [যথা সিড্‌নী (Sydney)] রাত্রি ৭ টার সময় আকাশের দিকে তাকাই তাহা হইলে আমরা বৎসরের বিভিন্ন সময়ে যে সমস্ত বৈচিত্র্য দেখিব তাহা আমরা এখানে আলোচনা করিব।

January- মাসের নক্ষত্রসমূহ

এই সময় Orion-কে আকাশে অনেক উঁচুতে উত্তর-পূর্ব কোণে দেখা যায়। অবশ্য সিড্‌নীর আকাশে Rigel-কে Betelgeux অপেক্ষা উপরে এবং Sirius-কে আরও উপরে দেখা যাইবে। হলুদ রংয়ের

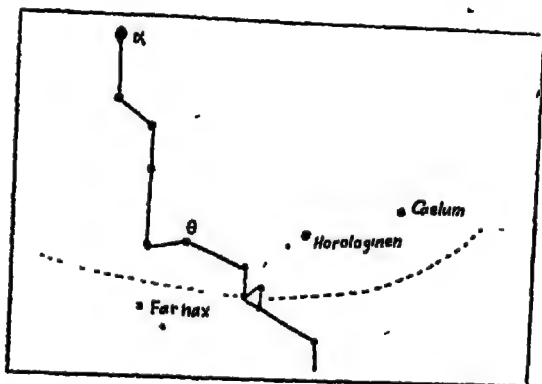
বিরাট নক্ষত্র Canopus ঠিক মাথার উপর একটু পূর্বদিকে হেলানো অবস্থায় আছে। Capella-কে উত্তর দিগন্তের নিকটে দেখা যাইবে। Aldebaran এবং Seven Sisters (Pleiades) এই সময় দেখা যায়।

(অ) DORADO (The Swordfish)

1603 খ্রীস্টাব্দে Bayer দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রগুলির একটি ক্যাটালগ প্রস্তুত করেন। Dorado রাশিটি Bayer কর্তৃক ক্যাটালগকৃত। এই রাশিতে মাত্র দুইটি উজ্জ্বল নক্ষত্র আছে। রাশিটি Eridanus-এর Achernar নক্ষত্রের অনতিদূরে অবস্থিত। এই রাশিটি Magellanic cloud পর্যন্ত বিস্তৃত।

(আ) ERIDANUS (The River)

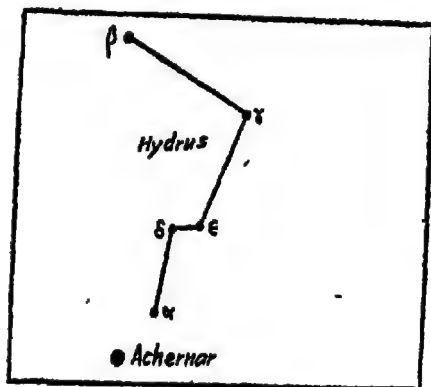
Eridanus একটি লম্বা রাশি। ইহার অংশবিশেষ আমরা উত্তরাকাশে দেখিতে পাই। β-Kursa নক্ষত্রটি Rigel-এর নিকট অবস্থিত। α এবং θ নক্ষত্র দুইটি ইউরোপের কোন স্থান হইতে দেখা যায় না।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α-Achernar	—2·3	118
θ-Acamar	—1·7	65

অষ্ট্রেলিয়ার দক্ষিণাংশে Achernar কখনও অস্ত যায় না। θ-Acamar নক্ষত্রটি একটি সুন্দর "বিনারী" (binary)।

Horologium নামক রাশিটি Eridanus-এর চিত্রে প্রদত্ত হইল।

(ই) HYDRUS

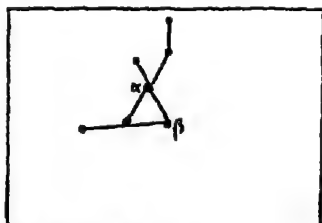
Bayer বর্ণিত একটি রাশি। উত্তরাকাশের Hydra নামের সহিত ভুল হইবার আশংকায় জ্যোতির্বিদেরা Hydra-কে Hya এবং Hydrus-কে Hyi নামে অভিহিত করিয়াছেন।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	2 9	31
β	3 7	21

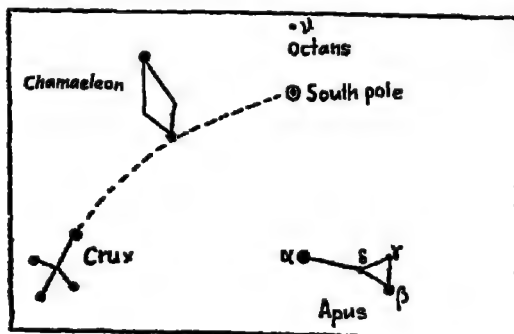
Hydrus দক্ষিণ অষ্ট্রেলিযাব একটি অস্তহীন নক্ষত্র। ব্যাশিটি Achernar এবং দক্ষিণ ধ্রুব নক্ষত্রেব মধ্যবর্তী অঞ্চল জুডিযা বিস্তৃত।

(ঈ) MUSCA AUSTRALIS

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	—2·9	430
β	—2·1	470

α-নক্ষত্রটি পবিবর্তনশীল এবং β-নক্ষত্রটি একটি ডবল।

(উ) OCTANS

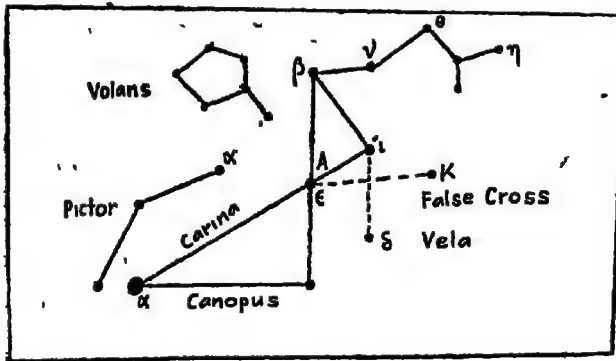
এই ব্যাশিব অন্তর্গত দক্ষিণ আকাশেব ধ্রুবতাবা অত্যন্ত অস্পষ্ট পঞ্চম পর্যাবের নক্ষত্র। দক্ষিণ আকাশেব ক্রুশেব বৃহত্তব বাহুব সাহায্যে ধ্রুবতাবাব সন্ধান পাওযা যাব (চিত্র দেখুন)। এই ব্যাশিটি Lacaille কর্তৃক বর্ণিত কতকগুলি ব্যাশিব অন্তর্ভুক্ত। এই রাশিগুলি যথাক্রমে Crux, Apus, Chamaeleon, Reticulum নামে অভিহিত।

April মাসের নক্ষত্রসমূহ

April মাসের সন্ধ্যাবেলায় দক্ষিণাকাশে তাকাইলে দেখা যাইবে যে Orion পশ্চিমাকাশে অস্তগামী হইয়াছে, কিন্তু Sirius এখনও আকাশে সগর্বে রাজত্ব করিতেছে। Castor এবং Pollux উত্তর-পশ্চিমাকাশে Leo রাশির Regulus-এর দক্ষিণ পাশে দেখা যাইবে। এই সময় Spica-কে পূর্বাকাশে এবং Arcturus-কে ঠিক দিগন্তের উপরে উঠিতে দেখা যাইবে। ভালভাবে লক্ষ্য করিলে Ursa Major-এর কয়েকটি নক্ষত্রকে উত্তরাকাশে দিগন্তের কাছাকাছি দেখা যাইবে কিন্তু ইহার চতুর্ভুজাকৃতি অংশকে আর দেখা সম্ভব নহে।

Cehtaurus এবং দক্ষিণ ক্রুশকে পূর্বাকাশের জেনিথের একটু পূর্বদিকে দেখা যাইবে। এই সময় বিখ্যাত রাশি Argo Navis-কে সর্বাপেক্ষা উজ্জ্বলভাবে দেখা যাইবে। সেই সঙ্গে উত্তরাকাশের Hydra রাশিকে Cancer হইতে Libra পর্যন্ত অস্পষ্টভাবে দেখা যাইবে।

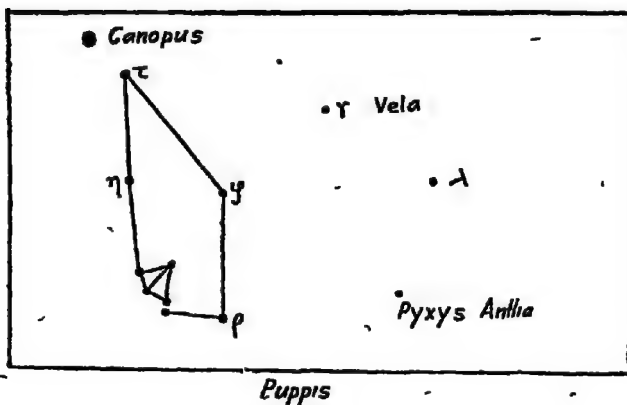
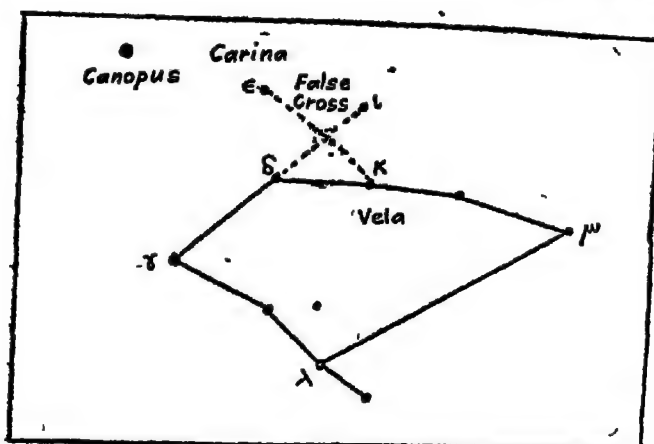
(ঙ) ARGO-NAVIS

Ptolemy কর্তৃক বর্ণিত এই রাশিটির প্রধান অংশ দক্ষিণাকাশে বিস্তৃত বলিয়া উত্তরাকাশের উচ্চ অক্ষাংশস্থিত স্থানসমূহ হইতে দেখা সম্ভব নহে। এইজন্য এই রাশিকে দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রসমূহের ক্যাটালগভুক্ত করা হইয়াছে। এই রাশিটি বৃহৎ বলিয়া ইহাকে কয়েকটি অংশে বিভক্ত

Volans
Pictor
Carina
Canopus
False Cross
Vela

Carina

করা হইয়াছে, যথা ঃ Carina, Puppis এবং Vela. বিখ্যাত নক্ষত্র Canopus (দ্বিতীয় উজ্জ্বলতম নক্ষত্র) Carina রাশির অন্তর্গত।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
Carina		
α-Canopus	—7·6	650
β-Miaplacidus	—0·4	86
ε-Avior	—3·1	340
ι-Tureis	—4 6	750
θ-	—4·0	710
υ-	—2·1	340
Puppis		
ζ-Suhail Haider	—7 1	2400
ρ-Turais	—0·3	105
π-	—0·3	140
τ-	—0·1	124

Vela

γ-	—4·1	520
δ-Koo-She	0·2	76
λ-Al-Suhail Al wazu	—4·6	750
k-Markeb	— 3 4	470
μ.	—0 1	108

Carina রাশিকে বিখ্যাত নক্ষত্র Canopus-এর সাহায্যে সহজে চেনা যায। Canopus আকাশের দ্বিতীয উজ্জ্বলতম নক্ষত্র। ইহা হলদে রংযের এবং অত্যন্ত আলোময। বৈজ্ঞানিকেরা অনুমান করেন যে এই নক্ষত্র অন্ততঃ ৪০,০০০ সূর্যের সমান তেজোময। Carina-র অন্তর্গত Tureis এবং Avior; Vela-র অন্তর্গত Koo-She এবং Markeb এই চারিটি নক্ষত্র মিলিযা False Cross নামক রাশিটি সৃষ্টি করিযাছে। Carina-র অন্তর্গত পরিবর্তনশীল η-নক্ষত্র কোন এক সমযে Canopus অপেক্ষা উজ্জ্বলতর ছিল। 1840 খ্রীস্টাব্দের দিকে ইহা আকাশের Sirius-এর পরই উজ্জ্বলতম নক্ষত্র ছিল। Nebula কর্তৃক আচ্ছাদিত হওয়ায ইহা এখন অস্পষ্ট হইযাছে।

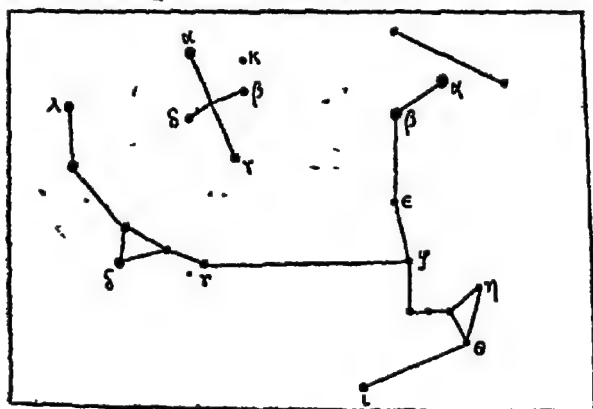
July মাসের নক্ষত্রসমূহ

জুলাই মাসের আকাশে Scorpio রাশিটি আকাশে প্রকট হইয়া উঠে। দক্ষিণ অস্ট্রেলিয়ার সন্ধ্যাবেলার আকাশে এই রাশিটিকে জেনিথের নিকটে দেখা যায়। ইহার পাশেই Sagittarius এবং Lupus-এর অংশবিশেষ দেখা যায়। জেনিথের পশ্চিমদিকে Centaurus এবং দক্ষিণ ক্রুশ দেখা যায়। উত্তরাকাশে Arcturus বীরদর্পে শোভা পায় এবং Vega-কে উত্তর-পূর্বদিকের আকাশে দিগন্তের নিকটে দেখা যায়। এই সময় Canopus এবং Acheruar-কে নিম্ন-স্থানে দেখা যায়। Spica উত্তর-পশ্চিমাকাশে উজ্জ্বলভাবে শোভা পায় এবং Altair-কে পূর্বাকাশে উঠিতে দেখা যায়।

(এ) ARA (The Altar)

ইহা Ptolemy বর্ণিত একটি রাশি। ইহার দুইটি বিখ্যাত নক্ষত্র α এবং β Centauri-কে সহজেই আকাশে চেনা যায়।

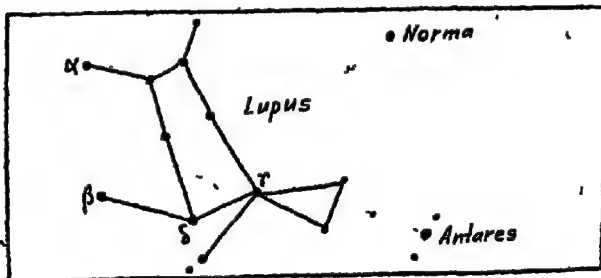
(ঐ) CENTAURUS

ইহাও একটি আদি রাশি (Almagest বর্ণিত রাশি)। রাশি-গুলির মধ্যে Centaurus একটি বিচিত্র রাশি। উচ্চ অক্ষাংশস্থিত উত্তরাঞ্চলের স্থানসমূহে ইহাকে দেখা যায় না।

প্রধান নক্ষত্রসমূহ

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	4·4—5·8	4·3
β-Agena	—5·2	490
γ-Menkent	—0·5	160
ε-	—3 9	570
η-	—3.0	390
ζ-	—3·4	520
δ-	—2·7	370
υ-	1·1	71

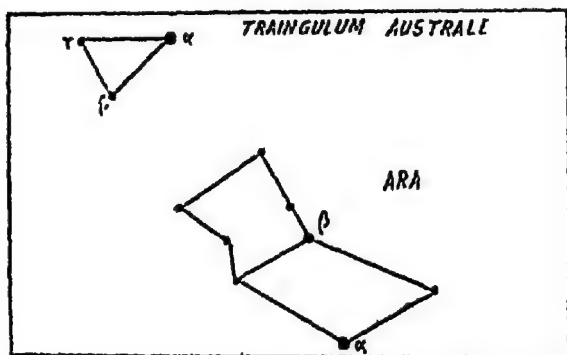
α এবং β-নক্ষত্র দুইটি উজ্জ্বল নক্ষত্রের মধ্যে β-নক্ষত্রটি অনেক দূরে (প্রায 500 আলো-বৎসর) দূরে অবস্থিত। α-নক্ষত্রের কোন নাম নাই কিন্তু উড়োজাহাজের নেভিগেটরেরা ইহাকে Rigel Kent নামে অভিহিত করেন। β-নক্ষত্র Agena কিংবা Hadar নামে পরিচিত। এই নক্ষত্রটি একটি binary এবং ইহার সহচরের আবর্তন-কাল প্রায ৪০ বৎসর। γ-Menkent ও একটি "বিনারী" (binery) নক্ষত্র এবং ইহার সহচরের আবর্তনকালও ৪০ বৎসর। এই রাশির অন্তর্গত গোলাকার নক্ষত্রপুঞ্জ (globular)-কে খালি চোখেই দেখা যায়। এই নক্ষত্রপুঞ্জকে ω-Centauri বলে।

(ঙ) LUPUS (The Wolf)

Scorpio এবং Centaurus-এর মধ্যবর্তী একটি রাশি।

প্রধান নক্ষত্রগুলি

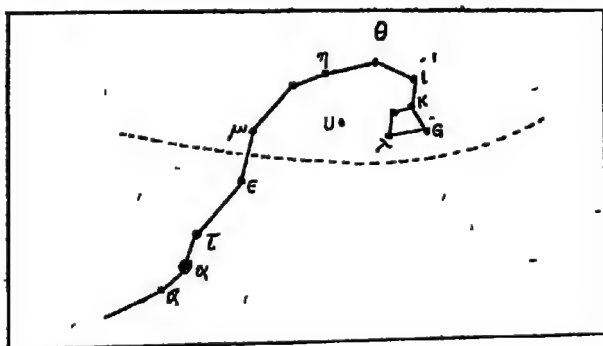
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	—3·3	430
β	—3·4	540
γ	—2·7	370

(ট) TRIANGULUM AUSTRALE

1603 খ্রীষ্টাব্দে Bayer এই রাশিকে ক্যাটালগভুক্ত করেন। এই রাশির তিনটি নক্ষত্রই উজ্জ্বল এবং উহাদিগের শীর্ষবিন্দু লইয়া কল্পিত ত্রিভুজকে সহজেই আকাশে চিনিতে পারা যায়। ইহা α-Centauri-র অনতিদূরে অবস্থিত।

প্রধান নক্ষত্রগুলি—

নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
α	—0·1	82
β	2·3	42
γ	0·2	113

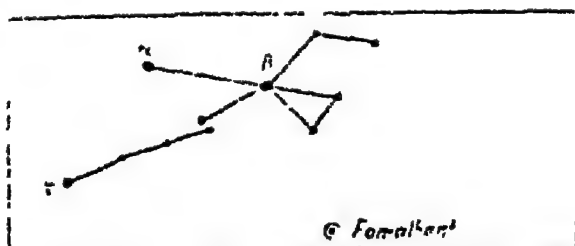
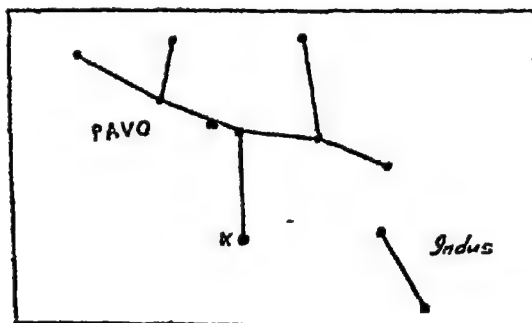
(ক) SCORPIO (বৃশ্চিক)

এই রাশিটির শেষাংশ উত্তর উচ্চ অক্ষাংশস্থিত স্থানসমূহ হইতে দেখা যায় না।

প্রধান নক্ষত্রগুলি—

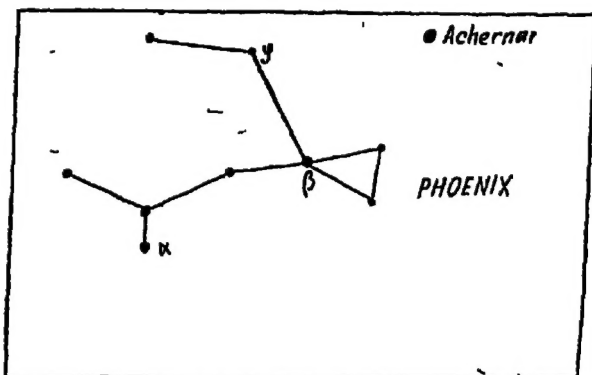
নক্ষত্র	উজ্জ্বলতা	দূরত্ব
η-Shaula	—3 3	310
θ-Sargas	—4·6	650
K-Girtob	—3·4	470
ν-Lesath	—3·4	540
ι-	—7.1	3400

Shaula, Lesath, Girtab এবং G নক্ষত্রগুলি লইয়া চিত্র কল্পনা করিলে বৃশ্চিকের Sting বা হুলের মত মনে হইবে। সমস্ত এলাকাটি উজ্জ্বল নক্ষত্ররাশিতে পূর্ণ। উত্তর এবং দক্ষিণাকাশে বিস্তৃত রাশিটিকে পূর্ণভাবে দেখিতে প্রকৃত বৃশ্চিকের মত মনে হয়।

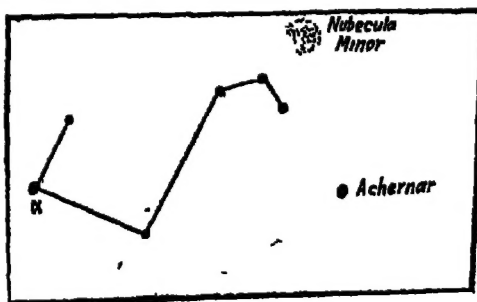
October মাসের নক্ষত্রসমূহ

অক্টোবর মাসে Crane, Peacock, Phoenix Toucan প্রভৃতি রাশিকে দেখা যায়। Pegasus-এর চতুর্ভুজ উত্তরাকাশে এবং Altair-কে পশ্চিমাকাশে দেখা যায়। Deneb উত্তর-পশ্চিমাকাশে এবং সেই সঙ্গে Vega-কে সূর্যাস্তের পর কিছুক্ষণের জন্য আকাশে দেখা যায়। এই সময় Canopus-কে দক্ষিণ-পূর্ব দিকে এবং ক্রুশকে নীচের আকাশে দেখা যাইবে।

PHOENIX এবং INDUS

Indus রাশিটি Pavo রাশির α-Pavouis নক্ষত্রের নিকটে অবস্থিত। Pavo রাশির চিত্রের সহিত ইহা সন্নিবেশিত হইল।

Achernar
γ
β
PHOENIX
α

Phoenix রাশি Achernar এর নিকটে অবস্থিত। ইহার প্রধান নক্ষত্র α-Aukaa প্রায় 93 আলো-বৎসর দূরে (উজ্জ্বলতা 0·1) অবস্থিত। β-নক্ষত্রটি একটি binary ?

TUCANA (The Toucum)

উপরিলিখিত রাশিগুলির মধ্যে এই রাশিটি অপেক্ষাকৃত অস্পষ্ট। কিন্তু রাশিটির অন্তর্গত Nebula-টি টেলিস্কোপে দেখিবার উপযুক্ত। রাশিটির প্রধান নক্ষত্র α (উজ্জ্বলতা 1·5) প্রায় 62 আলো-বৎসর দূরে অবস্থিত।

Nubecula Minor
Achernar
α

আমরা এ পর্যন্ত উত্তর এবং দক্ষিণাকাশের নক্ষত্রাবলীর একটি সাধারণ বর্ণনা সন্নিবেশ করিলাম। ইহা দ্বারা অন্ততঃ এইটুকু প্রমাণ হয় যে আকাশের বিভিন্ন দর্শনীয় জ্যোতিষ্কগুলি বৈচিত্র্যপূর্ণ।

১৭·৯ গ্রহগুলিকে চিনিবার উপায়

গ্রহগুলিকে "ভ্রমণকারী নক্ষত্র" (Wandering stars) বলা হইত। ইহারা সৌরজগতের অংশ এবং সূর্য হইতে বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থান করিয়া সূর্যকে ঘিরিয়া আবর্তন করিতেছে। সূর্যের নিকটতম গ্রহ Mercury (আবর্তনকাল ৪৪ দিন বা আহ্নিক গতির সময় ৪৪ দিন) হইতে আরম্ভ করিয়া Venus, পৃথিবী, মঙ্গল, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, Pluto এই নয়টি গ্রহ সূর্যকে একটি ফোকাসে রাখিয়া উপবৃত্তাকারে সূর্যের চারিদিকে বিভিন্ন সমতলে আবর্তন করিতেছে। নিম্নে গ্রহগুলি সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় সন্নিবেশ করিলাম।

গ্রহ	সূর্য হইতে দূরত্ব (মিলিয়ন মাইল)	স্যালসাইডেরিয়াল পিরিয়ড	সাইনডিক পিরিয়ড	আহ্নিক গতি	ব্যাস (মাইল)
Mercury (বুধ)	36	88 দিন	115 দিন	88 দিন	3100
Venus (শুক্র)	67	224·7 „	584 „	—	7700
পৃথিবী	93	365 „	—	23 ঘ 56 মি	7926
Mars (মঙ্গল)	141 5	687 „	780 „	24 ঘ 37 মি	4200
Jupiter (বৃহস্পতি)	483	$11\frac{1}{2}$ বৎসর	399 „	$9\frac{3}{4}$ ঘ.	88,700
Saturn (শনি)	886	$29\frac{1}{2}$ বৎসর	378 „	$10\frac{1}{4}$ ঘ.	75,100
Uranus	1,783	84 বৎসর	370 দিন	$10\frac{3}{4}$ ঘ	29,600
Neptune	2,793	$164\frac{3}{4}$ বৎসর	$367\frac{1}{2}$ দিন	$15\frac{3}{4}$ ঘ	27,700
Pluto	3,666	$247\frac{3}{4}$ বৎসর	$366\frac{3}{4}$ দিন	6 দিন, 9ঘ	3,600

Mercury (বুধ) এবং Venus (শুক্র) পৃথিবী অপেক্ষা সূর্যের নিকটবর্তী থাকায় আমরা এই গ্রহ দুইটির কতকগুলি বৈচিত্র্য লক্ষ্য করি। এই গ্রহ দুইটির চন্দ্রের মত কলাবৃদ্ধি হয়। পূর্ণিমার সময় আমরা ইহাদিগকে দেখিতে পাই না কারণ গ্রহ দুইটি ঐ সময় দিনের বেলায় আকাশে দিগন্তের উপরে থাকে।

বুধ গ্রহ (Mercury) আকাশে সর্বদা সূর্যের অতি নিকটে অবস্থান করে বলিয়া আমরা অনেক সময় ইহাকে দেখিতে পাই না। কখনও কখনও পশ্চিমাকাশে সূর্যাস্তের পর পরই অথবা সূর্যোদয়ের সামান্য কিছুক্ষণ পূর্বে আমরা এই গ্রহকে দেখিতে পাইব। এই সময় ইহাকে বেশ উজ্জ্বল দেখায়।

শুক্র (Venus) Mercury অপেক্ষা অনেক বড় এবং চন্দ্রের পরই ইহা পৃথিবীর নিকটতম প্রতিবেশী। সময়ে সময়ে ইহা পৃথিবীর 25,000,000 মাইলের মধ্যে আসিতে পারে। উজ্জ্বলতম অবস্থায় আমরা শুক্র গ্রহকে দিবালোকে দেখিতে পাই। যখন এই গ্রহের Crescent অবস্থা তখন ইহাকে সবচেয়ে উজ্জ্বল বলিয়া মনে হয়। পূর্বদিকে উঠিলে ইহাকে 'ভোরের তারা'' এবং পশ্চিম দিকে উঠিলে ইহাকে "সন্ধ্যাতারা" বলে। 1970 খ্রীস্টাব্দের সেপ্টেম্বর মাসের প্রথম তারিখে ইহা আকাশে সূর্য হইতে বৃহত্তম কৌণিক দূরত্বে (elongation) অবস্থান করিবে। এই সময় ইহাকে আমরা উজ্জ্বলতম অবস্থায় সন্ধ্যাকাশে দেখিতে পাইব।

মঙ্গলগ্রহ (Mars) পৃথিবীর তুলনায় সূর্যাপেক্ষা দূরে অবস্থিত। এই গ্রহের "কলাবৃদ্ধি" (Phases) আমরা দেখিতে পাই না। যখন ইহা সূর্যের বিপরীত দিকে অবস্থান করে তখন ইহাকে মধ্যরাত্রিতে ঠিক মাথার উপরে (জেনিথের দক্ষিণে) দেখিতে পাইব। এই সময় গ্রহটিকে লক্ষ্য করিবার উপযুক্ত সময়। এই সময়ের এক বৎসর পর পৃথিবী সূর্যের চতুর্দিকে একবার আবর্তন করিবে কিন্তু "মঙ্গল'-এর ধীর গতির জন্য পৃথিবী আরও অগ্রসর হইবার পর "মঙ্গল" সূর্যের বিপরীত স্থানে (opposition) আবার আসিবে। গড়ে 780 দিন পর পর গ্রহটি বিপরীত স্থানে (opposition)-এ আসে। ইহাকে অবশ্য Synodic period (পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে) বলে। 1967 সালের 15 এপ্রিল, 1969 সালের 31 মে, 1971 সালের 10 আগস্ট তারিখে এই বিপরীত অবস্থান হইয়াছে এবং হইবে। গ্রহটি কখনই 35,000,000 মাইল অপেক্ষা নিকটে আসে না। বিপরীত অবস্থানে আসিবার কয়েক সপ্তাহ পূর্বে এবং পরে ইহাকে উজ্জ্বল দেখায়। এই সময় ইহার ঔজ্জ্বল্য এবং লোহিতবর্ণ সহজেই দৃষ্টি আকর্ষণ করে। ইহাকে আকাশে খুঁজিয়া

বাহির করিবার সবচেয়ে সহজ উপায় হইল যে-কোন নির্দিষ্ট সময়ে গ্রহটি কোন্ রাশিতে অবস্থান করিতেছে তাহা জানা। তারপর ইহার দৈনিক অবস্থান আকাশের পটভূমিতে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে গ্রহটি সর্বদা রাশিচক্রের (Zodiac) মধ্যে অবস্থান করে। ইহার লোহিত বর্ণের জন্য অন্য নক্ষত্রের সহিত ইহাকে ভ্রম হইতে পারে। এইজন্য পর পর কয়েক রাত্রি ইহার অবস্থান লক্ষ্য করা উচিত।

Jupiter (বৃহস্পতি) বহুদূরে অবস্থান করিলেও ইহাকে চিনিতে কোন কষ্ট হইবে না। হলুদ রংয়ের গ্রহটি শুক্র গ্রহের মতই উজ্জ্বল। সূর্যের বিপরীত দিকে প্রতি 13 মাস পর পর গ্রহটি ফিরিয়া আসে। প্রত্যেক বৎসর কয়েক মাস যাবৎ এই গ্রহটিকে উজ্জ্বল দেখা যায়।

Saturn (শনি) গ্রহটিকে আকাশে সহজে চিনিতে পারা যায় না। ইহার রং ধূসর হলুদ। ইহা কখনই Capella বা Arcturus অপেক্ষা উজ্জ্বল নহে। Jupiter-এর চেয়ে ইহার গতি ধীর। 1970 সালে 11 নভেম্বর তারিখে Aries রাশিতে ইহা বিপরীত স্থানে অবস্থান করিবে। এই সময় গ্রহটির কাছাকাছি কোন উজ্জ্বল নক্ষত্র দেখা যাইবে না। 1781 খ্রীস্টাব্দের পূর্ব পর্যন্ত বৈজ্ঞানিকদের ধারণা ছিল যে এই গ্রহটিই সর্বাপেক্ষা দূরবর্তী গ্রহ। কিন্তু এই সময় Sir William Herschel নামক ইংরেজ জ্যোতির্বিদ অপেক্ষাকৃত দূরবর্তী গ্রহ Uranus আবিষ্কার করেন। যদিও Uranus আকারে বৃহৎ, তথাপি অত্যধিক দূরে থাকায় (সৌরজগতের সীমার মধ্যে) ইহাকে খালি চোখে দেখা দুঃসাধ্য। টেলিস্কোপের সাহায্যে ইহাকে হাল্কা সবুজ রংয়ের একটি ছোট থালার (disc) মত দেখায়।

ইহার পর যথাক্রমে 1846 এবং 1930 খ্রীস্টাব্দে Neptune এবং Pluto নামক আরও দুইটি গ্রহ আবিষ্কৃত হইয়াছে। টেলিস্কোপের সাহায্য ব্যাতিরেকে ইহাদিগকে দেখা সম্ভব নহে।

যে পর্যবেক্ষকের রাশিগুলি সম্বন্ধে মোটামুটি ধারণা আছে তাঁহার পক্ষে Mars, Jupiter এবং Saturn গ্রহকে আকাশে খুঁজিয়া বাহির করা মোটেই কষ্টসাধ্য নহে। অন্যান্য গ্রহগুলির (Venus, Mercury ছাড়া) আকাশে অবস্থান নির্ণয় করিতে টেলিস্কোপের প্রয়োজন।

———